

TECHNICKÁ UNIVERZITA V LIBERCI
FAKULTA TEXTILNÍ

DIPLOMOVÁ PRÁCE

LIBEREC 2011

Bc. ŠÁRKA SPATZIEROVÁ

TECHNICKÁ UNIVERZITA V LIBERCI
FAKULTA TEXTILNÍ



Studijní program: N3108 Průmyslový management

Studijní obor: 3106T014 Produktový management

**VLIV DISTRIBUCE VELIKOSTI MEZINITNÝCH
PÓRŮ NA PRODYŠNOST TKANINY**

**THE INFLUENCE OF THE SIZE OF INTER-YARNS
ON THE AIR PERMEABILITY OF WOVEN
FABRIC**

Bc. Šárka Spatzierová

KHT - 073

Vedoucí diplomové práce: Ing. Marie Havlová, Ph.D.

Rozsah práce:

Počet stran:	68
Počet obrázku:	70
Počet tabulek:	7
Počet příloh:	3

Zadání

Název práce: Vliv distribuce velikosti mezinitných pórů na prodyšnost tkaniny

Student: Bc. Spatzierová Šárka
Vedoucí práce: Ing. Marie Havlová, Ph.D.
Konzultant:

Zásady pro vypracování:

- V rešeršní části práce přehledně zpracujte problematiku vlivu strukturních parametrů tkaniny na hodnotu její prodyšnosti. V této souvislosti zpracujte také problematiku záměrných i nezáměrných nerovnoměrností v dostavách nití tkaniny. Zaměřte se především na tkaniny s plátnovou vazbou. Zohledněte také vliv chlupatosti přízí zasahující do prostoru mezinitných pórů tkaniny vyrobené ze staplových přízí.
- Pro vhodný soubor tkanin s plátnovou vazbou navrhnete a realizujete experiment zaměřený na hodnocení vztahu mezi strukturou tkaniny a její prodyšností. Stanovte experimentální hodnoty prodyšnosti a dále hodnoty základních strukturních parametrů potřebných pro získání předikovaných hodnot prodyšnosti. Zaměřte se zejména na rozměrové charakteristiky jednotlivých mezinitných pórů a na distribuci jejich velikosti.
- Na základě získaných poznatků a výsledků experimentu se pokuste navrhnout vhodnou metodiku pro vyhodnocení nerovnoměrnosti velikosti mezinitných pórů, případně metodiku pro hodnocení vlivu distribuce velikosti mezinitných pórů na prodyšnost tkaniny. Orientačně ověřte některé stávající modely určené pro predikci prodyšnosti tkaniny a diskutujte možnost zohlednění řešené problematiky v predikčních vztazích.

Doporučená literatura:

1. Havlová, M.: Hodnocení prodyšnosti směsových tkanin s plátnovou vazbou. Výzkumná zpráva pro VCT II. za rok 2010
2. Gooijer, H.: flow Resistance of Textile Materials. Thesis UT Enschede. 1998. ISBN 90-36511240.
3. Meloun, M. – Militký, J.: Statistické zpracování experimentálních dat. PLUS spol. s.r.o. Praha 1994. ISBN 80-85297-56-6.
4. Neckář, B.: Příze- tvorba, struktury a vlastnosti. SNTL. Praha 1990.

Prohlášení

Byla jsem seznámena s tím, že na mou diplomovou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb., o právu autorském, zejména § 60 – školní dílo.

Beru na vědomí, že Technická univerzita v Liberci (TUL) nezasahuje do mých autorských práv užitím mé diplomové práce pro vnitřní potřebu TUL.

Užiji-li diplomovou práci nebo poskytnu-li licenci k jejímu využití, jsem si vědoma povinnosti informovat o této skutečnosti TUL; v tomto případě má TUL právo ode mne požadovat úhradu nákladů, které vynaložila na vytvoření díla, až do jejich skutečné výše.

Diplomovou práci jsem vypracovala samostatně s použitím uvedené literatury a na základě konzultací s vedoucím diplomové práce a konzultantem.

V Liberci, dne 2. 5. 2011

.....

Podpis

Poděkování

Mé poděkování patří především Ing. Marii Havlové, Ph.D. za odborné vedení a cenné rady, za věnovaný čas, ochotu a vstřícný přístup při realizaci mé diplomové práce. Dále bych ráda na tomto místě vyjádřila svou vděčnost všem dotyčným, u kterých jsem hledala radu a pomoc.

Děkuji svým nejbližším za jejich neskutečnou podporu, jak psychickou, tak materiální, a zejména za trpělivost během celého mého studia.

Anotace

Tato předkládaná diplomová práce se zabývá vlivem distribuce mezinitných pórů na prodyšnost tkaniny. Cílem je pokusit se navrhnout vhodnou metodiku pro vyhodnocení nerovnoměrnosti velikosti mezinitných pórů ve tkanině.

Teoretická část se zabývá problematikou vlivu strukturních parametrů na prodyšnost tkaniny. Pozornost je zde věnována zejména průměru nitě, chlupatosti nitě, dostavám nití tkaniny a prodyšnosti. Dále byla prozkoumána problematika nerovnoměrností v dostavách nití tkaniny.

Experimentální část je věnována zkoumání vztahu mezi strukturou tkaniny a její prodyšností. Byly zde proměřovány velikosti jednotlivých mezinitných pórů. Dále pak navrhnutá metodika pro hodnocení nerovnoměrnosti velikosti mezinitných pórů. Orientačně byly ověřeny některé modely určené pro predikci prodyšnosti.

Annotation

This thesis deals with the influence of the size of inter-yarns on the air permeability of a woven fabric. The aim is to try to suggest an appropriate methodology to evaluate irregularities in the size of inter-yarns of woven fabric.

The theoretical part of the thesis deals with the issues of the influence of structural parameters on the air permeability of a woven fabric and it is being focused especially on the yarn diameter, hairiness, sets of yarn and the air permeability. It also explores the issues of sets of yarn irregularities in a woven fabric.

The practical part deals with researching the relationship between a structure and the air permeability of a woven fabric. The sizes of each individual inter-yarns were measured and a methodology for evaluating the irregularities of the sizes of the inter-yarns was suggested. And some calculations to predict the air permeability have been tested.

Klíčová slova

tkanina

prodyšnost

struktura

predikce prodyšnosti

mezinitný pór

nerovnoměrnost velikosti mezinitných pórů

Key words

woven fabric

permeability

structure

prediction air permeability

inter – yarn pore

irregularities in the size of inter-yarns

Obsah	
Zadání	2
Prohlášení.....	3
Poděkování.....	4
Anotace	5
Klíčová slova	6
Obsah	7
Seznam symbolů a zkratk	9
1 ÚVOD.....	10
1.1 Cíle práce	11
2 LITERÁRNÍ PRŮZKUM	12
2.1 Základní charakteristiky textilních materiálů	12
2.2 Parametry textilních vláken	12
2.3 Parametry délkových textilií	12
2.3.1 Jemnost nitě	13
2.3.2 Hmotná nestejnoměrnost délkových textilií	13
2.3.3 Zaplnění	16
2.3.4 Chlupatost příze	18
2.3.5 Průměr nitě.....	19
2.3.6 Substanční průměr nitě	19
2.4 Strukturní parametry tkaniny	20
2.4.1 Vazba tkaniny	20
2.4.2 Dostava tkaniny	22
2.4.3 Plošná a objemová hmotnost tkaniny	22
2.4.4 Tloušťka tkaniny	23
2.4.5 Zakrytí a zaplnění tkaniny	23
2.4.6 Porosita	25
2.5 Vliv strukturních parametrů tkaniny na hodnotu její prodyšnosti	26
2.6 Prodyšnost.....	28
2.6.1 Predikce prodyšnosti.....	29
2.7 Vliv distribuce velikosti mezinitných pórů na prodyšnost tkaniny	31
2.8 Nerovnoměrnosti v dostavách nití tkaniny	33
2.8.1 Vady ve směru útku	35
2.8.2 Vady ve směru osnovy.....	36
3 EXPERIMENTÁLNÍ ČÁST	38
3.1 Charakteristika použitých textilních materiálů	38

3.2	Experimentální zjišťování prodyšnosti tkanin.....	39
3.3	Hodnocení nerovnoměrnosti prodyšnosti v plošných textiliích	40
3.3.1	Analýza rozptylu.....	41
3.3.2	Aplikace metodiky hodnocení nerovnoměrnosti prodyšnosti na experimentální tkaniny	44
3.4	Nerovnoměrnost prodyšnosti tkanin	48
3.4.1	Obrazová analýza.....	50
3.4.2	Aplikace obrazové analýzy	50
3.5	Hodnocení nerovnoměrnosti velikosti mezinitných pórů.....	51
3.6	Navrhovaná metodika pro vyhodnocení nerovnoměrnosti velikosti mezinitných pórů	52
3.6.1	Histogram.....	52
3.6.2	Aplikace navrhované metodiky pro vyhodnocení nerovnoměrnosti velikosti jednotlivých mezinitných pórů	53
3.7	Predikce prodyšnosti.....	59
3.7.1	Stanovení základních strukturních parametrů.....	59
3.7.2	Porovnání hodnot experimentálně zjištěné prodyšnosti a prodyšnosti predikované	60
3.7.3	Predikce prodyšnosti z velikosti jednotlivých pórů.....	63
4	ZÁVĚR.....	66
	Literatura.....	69
	Příloha A	71
	Příloha B	84
	Příloha C	88

Seznam symbolů a zkratk

A_l [m ²]	plocha póru
A_{lM} [m ²]	plocha póru vypočtená z jeho šířky a délky
AP [m/s]	prodyšnost
CV [%]	kvadratická hmotná nestejnoměrnost
d [m]	průměr nitě
d_s [m]	substanční průměr nitě
d_o [m]	průměr osnovních nití
d_u [m]	průměr útkových nití
D_o [1/m]	dostava osnovních nití
d_p [m]	průměr póru
dp [m]	délka póru
d_{pIm} [m]	průměr póru stanovený z délky a šířky póru
D_u [1/m]	dostava útkových nití
l [km]	délka nitě
m [g]	hmotnost nitě
\bar{m} [g]	průměrná hmotnost úseku
m_i [g]	hmotnost jednoho úseku
m_s [kg/m ²]	plošná měrná hmotnost tkaniny
m_{tk} [kg]	hmotnost tkaniny
m_v [kg/m ³]	objemová měrná hmotnost tkaniny
O_l [m]	obvod póru
p [1]	počet úseků
p_o [1/m]	rozteč osnovních nití ve tkanině
p_u [1/m]	rozteč útkových nití ve tkanině
P [1]	porosita
P_s [1]	porosita textilního materiálu stanovená z plošného zakrytí
S [m ²]	substanční průřez nitě
sp [m]	šířka póru
S_{tk} [m ²]	plocha 1m ² tkaniny
T [tex]	jemnost nitě
T_o [tex]	jemnost osnovních nití
t_{tk} [m]	tloušťka tkaniny
T_u [tex]	jemnost útkových nití
U [%]	lineární hmotná nestejnoměrnost
V [m ³]	objem vláken
V_c [m ³]	objem nitě
V_{tk} [m ³]	objem 1m ² tkaniny
V_n [m ³]	objem nitě
vm_v [mm]	vzdálenost míry odstávajících vláken
V_t [m ³]	objem plošné textilie
Z [1]	zakrytí plošné textilie
Z_{lo} [1]	zakrytí osnovy
Z_{lu} [1]	zakrytí útku
μ [1]	zaplnění plošné textilie, nitě
ρ [kg/m ³]	hustota vláken
ρ_v [kg/m ³]	objemová měrná hmotnost nitě
ρ_F [kg/m ³]	objemová měrná hmotnost vláken

1 Úvod

Prodyšnost je jedna z nejdůležitějších vlastností tkaniny. Tato vlastnost je úzce spjata se strukturou tkaniny. Struktura tkaniny je velmi obsáhlý pojem, pod kterým je možné chápat jak jednotlivé charakteristiky nití, tedy použitý materiál, jejich jemnost, technologii výroby apod., tak i charakteristiky tkanin, jako jsou dostavy osnovních a útkových nití, vazba tkaniny atd. Všechny zmíněné strukturní parametry lze navzájem různě kombinovat a je tak možné dosáhnout velkého množství rozdílných tkanin, které by měly samozřejmě i odlišnou prodyšnost.

Parametrem, který zpravidla reprezentuje vliv struktury tkaniny na její prodyšnost, je porosita (vyjádření podílu vzduchu obsaženého ve tkanině). Předpoklad, že pokud bude mít tkanina stejnou hodnotu porosity, bude mít i stejnou hodnotu prodyšnosti, nelze přijmout. Při porovnání dvou tkanin, které mají zdánlivě podobnou strukturu, může dojít k tomu, že bude mít každá naprosto rozdílnou prodyšnost a naopak, dvě tkaniny s odlišnou strukturou mohou mít prodyšnost stejnou.

Jistý vliv na tuto problematiku má i velikost jednotlivých mezinitných pórů tkaniny. Distribuce velikosti mezinitných pórů tkaniny může zásadně ovlivňovat hodnotu prodyšnosti. Existuje předpoklad, že jednotlivé póry ve tkanině jsou víceméně totožné. Ovšem ve skutečnosti je tato problematika složitější. V reálných tkaninách dochází v dostavách nití k posunu nití vlivem nerovnoměrnosti. V důsledku toho pak lze pozorovat rozdíly i ve velikosti jednotlivých mezinitných pórů. Jako vhodné pro podrobnější analýzu této problematiky se jeví tkaniny, které vykazují tzv. párkování nití. V takovém případě nerovnoměrnosti v dostavě vykazují jistou pravidelnost.

Předkládaná diplomová práce navazuje na výzkum realizovaný v rámci VCT II v roce 2010 [6] a na další příspěvek [21] a jejím cílem je také ověřit a podrobněji zpracovat některé již navržené postupy hodnocení.

1.1 Cíle práce

Jak bylo zmíněno v úvodu, vliv distribuce velikosti jednotlivých mezinitných pórů má zásadní vliv na hodnotu prodyšnosti. Pokud se do této problematiky zahrne i chlupatost staplových přízí, může nastat složitá situace. Problematikou vlivu chlupatosti se zabývala ve své diplomové práci Čapková [18]. Předkládaná práce by měla podrobněji zpracovat problematiku distribuce velikosti mezinitných pórů v tkanině. Jak je uvedeno v [6], [21] v místě, kde se příze přiblíží blíže k sobě, lze pozorovat malé mezinitné póry, které se vlastně zmenšily ve prospěch velkých mezinitných pórů. V důsledku těsného uložení přízí vedle sebe může nastat situace, kdy chlupatost jednotlivých přízí překryje malé póry tak, že mohou i zaniknout. Jelikož vzduch proudí cestou nejmenšího odporu, může nastat jev, že malými póry neprochází téměř žádný vzduch, ovšem o to více ho pak proudí skrze velké póry. Z tohoto důvodu je v předkládané práci řešen právě vliv nerovnoměrnosti velikosti pórů na prodyšnost tkaniny. A proto je mimo jiné smyslem této práce zmapovat záměrné i nezáměrné nerovnoměrnosti v dostavách nití tkaniny. Tyto nerovnoměrnosti mohou značně ovlivňovat prodyšnost tkaniny.

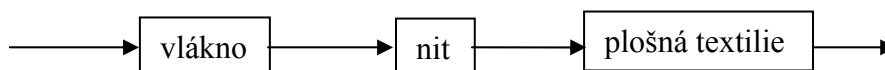
Dalším cílem této diplomové práce je pokusit se navrhnout vhodnou metodiku pro vyhodnocování nerovnoměrnosti velikosti jednotlivých mezinitných pórů. Nebo jako druhou možnost, pokusit se navrhnout metodiku pro hodnocení vlivu distribuce velikosti jednotlivých mezinitných pórů na prodyšnost tkaniny.

2 Literární průzkum

2.1 Základní charakteristiky textilních materiálů

Finální textilie jsou vždy ovlivněné výběrem vlákenného materiálu, který má svou strukturu a vlastnosti, dále procesem výroby [5] resp. použitými technologickými postupy při výrobě délkové textilie a následně technologickými postupy při výrobě plošné textilie.

Při klasické hierarchii struktury textilních materiálů lze proces formování finální textilie popsat takto:



2.2 Parametry textilních vláken

Hlavními parametry textilních vláken jsou zejména jejich jemnost a objemová měrná hmotnost. Při zjišťování prodyšnosti plošných textilních materiálů však základní charakteristiky vlákna velký vliv nemají. Z hlediska prodyšnosti se vlákno jeví jako neprodyšné s konstantními rozměry (při zachování standardních podmínek měření, jako jsou např. vlhkost vzduchu a teplota). Pokud by ale standardní podmínky zachovány nebyly a vlhkost by se zvýšila, v případě přírodních vláken by mohlo nastat jejich bobtnání [5], což by mělo zásadní vliv na prodyšnost tkaniny. Nabobtnání vláken by ovlivnilo velikost pórů ve tkanině a prodyšnost by byla tím pádem snížena. V případě syntetických vláken se tato problematika nevyskytuje.

2.3 Parametry délkových textilií

Úvodem je zapotřebí uvést rozdíl mezi přízí a nití. Nit je souhrnný pojem pro přízi, hedvábí či další druhy délkových textilií. Pojem nit je běžně používán v případech, kdy

je zapotřebí vyjádřit obecně tvar výrobku, aniž by bylo zohledněno jeho vnitřní uspořádání nebo charakteristické vlastnosti.

„Příze je délková textilie složená ze spřadatelných vláken, zpevněná zákrutem nebo pojením tak, že při napínání příze dochází i k přetrhu jednotlivých vláken“ [1]. Definice příze, tedy finálního výrobku přádelnické technologie, zohledňuje charakter vnějšího tvaru, tedy délkové textilie, ale i charakteristické vlastnosti jako dosažený stupeň mezivláknenné soudržnosti. Přízi je možné mírně deformovat v jejím příčném směru za pomoci malých sil, což má za důsledek zejména její měkkost, ale i příznivý vliv na zakrytí plošné textilie. Ale z hlediska hodnocení prodyšnosti plošných textilií jsou jejími nejdůležitějšími parametry jemnost příze, resp. průměr, zaplnění, chlupatost, ale také tvar příčného řezu, který ovlivňuje, jak do sebe nitě zapadají, což má význam při hodnocení prodyšnosti (ovšem tato problematika není předmětem řešení této práce).

2.3.1 Jemnost nitě

Jemnost neboli délková hmotnost příze označována T [tex] je základní pojem definující přízi. Vyjadřuje vztah mezi hmotností a délkou příze, tedy udává hmotnost příze na jednotku délky 1000 m. Jemnost nití je důležitá pro vyjádření teoretického průměru nití.

$$T = \frac{m}{l}$$

- T [tex] jemnost nitě
- m [g] hmotnost nitě
- l [km] délka nitě

(1)

2.3.2 Hmotná nestejnoměrnost délkových textilií

Nestejnoměrnost lze definovat jako procentuální vyjádření kolísání náhodně proměnné veličiny.

Při výrobě přízi je velmi sledovanou vlastností kolísání jemnosti, tedy délkové hmotnosti, kterou lze definovat jako hmotnou nestejnoměrnost. Hmotná nestejnoměrnost přízi a nití ovlivňuje řadu dalších vlastností délkových textilií, jako jsou např. jemnost, zákrut nebo pevnost. Jedná se tedy o jeden z velmi sledovaných a významných parametrů kvality délkových textilií.

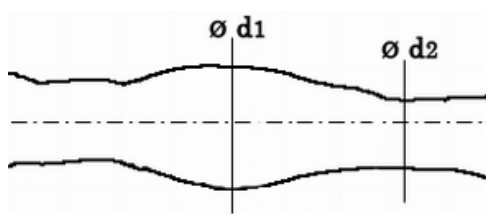
Na hmotné nestejnoměrnosti délkových textilií se podílejí zejména tři hlavní příčiny:

1. Příčina různého rozmístění, tedy odlišného počtu vláken v různých průřezích příze a jejich vzájemné uspořádání do vláknenných svazků, jak je vidět na obrázku 1.



Obrázek 1: Těleso příze s různým počtem vláken [29]

2. Příčina nestejného průřezu, resp. jemnosti neboli délkové hmotnosti vláken samotných, jak je zobrazeno na obrázku 2.



Obrázek 2: Nestejnoměrnost vláken [29]

3. Příčina nestejnoměrné délky vláken a jejich vzájemná nedokonalá návaznost (viz obrázek 1), tedy špatná návaznost konců staplových vláken.

Hodnotu hmotné nestejnoměrnosti lze stanovit v zásadě buď diskrétně, nebo kontinuálně.

Princip diskrétního způsobu stanovení hmotné nestejnoměrnosti délkových textilií je v tom, že se délková textilie, např. příze, rozdělí na určitý počet stejně dlouhých úseků, které se zváží. Z naměřených dat se stanoví základní statistické výpočty, tedy průměrná hodnota, rozptyl, směrodatná odchylka a variační koeficient. Hmotná nestejnoměrnost je definována buď jako lineární hmotná nestejnoměrnost, která je vyjádřena ze statistické rozptylové charakteristiky, tedy lineární odchylky, nebo může být vyjádřena jako kvadratická hmotná nestejnoměrnost, která vychází z rozptylu.

$$U = \frac{10^2}{\bar{m}} \cdot \frac{1}{p} \sum_{i=1}^p |m_i - \bar{m}|$$

- $U [\%]$ lineární hmotná nestejnoměrnost
- $\bar{m} [g]$ průměrná hmotnost úseku
- $p [1]$ počet úseků
- $m_i [g]$ hmotnost jednoho úseku

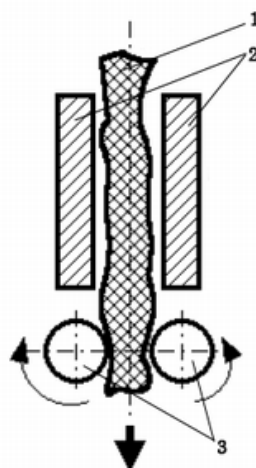
(2)

$$CV = \frac{10^2}{\bar{m}} \sqrt{\left[\frac{1}{p-1} \sum_{i=1}^p (m_i - \bar{m})^2 \right]} \quad (3)$$

- CV [%] kvadratická hmotná nestejnoměrnost
- \bar{m} [g] průměrná hmotnost úseku
- p [1] počet úseků
- m_i [g] hmotnost jednoho úseku

Pro stanovení hmotné nestejnoměrnosti kontinuální metodou existuje celá řada možností. Byly vyvinuty metody optické, metody využívající kapiláry apod. Ovšem nejčastěji užívaný způsob pro hodnocení hmotné nestejnoměrnosti kontinuální metodou je využívání změny kapacity kondenzátoru.

Principem této metody je nepřímé měření kolísavé hmotnosti délkové textilie. Měření probíhá mezi deskami kondenzátoru, jak je vidět na obrázku 3. Délková textilie se mezi kondenzátory pohybuje konstantní rychlostí, s kolísáním její tloušťky zároveň kolísá také kapacita měřicího kondenzátoru, který je součástí měřicího oscilátoru. Změnou kapacity dochází také ke změně frekvence oscilátoru. Tato frekvence je následně porovnávána s frekvencí srovnávacího oscilátoru.



- 1 – délková textilie
2 – desky kondenzátoru
3 – odváděcí válečky

Obrázek 3: Délková textilie mezi deskami kondenzátoru [29]

Výstupem této metody je několik parametrů:

- hodnota lineární U [%] a kvadratické CV [%] nestejnoměrnosti
- grafické znázornění kolísání relativní hmotnosti
- počet silných a slabých míst, ale také počet nopků
- spektrogram, tedy graf, který zaznamenává statistické rozdělení spektra vlnových délek
- údaj o chlupatosti délkové textilie
- jemnost, resp. průměr délkové textilie

2.3.3 Zaplnění

Zaplnění je bezrozměrová veličina, která nabývá hodnot v intervalu od 0 do 1: $\mu \in (0;1)$.

Lze ji definovat jako podíl celkového prostoru útvaru zaplněný objemem vláken [3].

$$\mu = \frac{V}{V_c} \quad \begin{array}{l} \bullet \mu [1] \text{ zaplnění nitě} \\ \bullet V [\text{m}^3] \text{ objem vláken} \\ \bullet V_c [\text{m}^3] \text{ objem nitě} \end{array} \quad (4a)$$

Je možná také další interpretace, kde zaplnění znamená poměr objemové měrné hmotnosti vlákenného útvaru k objemové měrné hmotnosti vláken.

$$\mu = \frac{\rho_V}{\rho_F} \quad \begin{array}{l} \bullet \mu [1] \text{ zaplnění nitě} \\ \bullet \rho_V [\text{kg/m}^3] \text{ objemová měrná hmotnost nitě} \\ \bullet \rho_F [\text{kg/m}^3] \text{ objemová měrná hmotnost vláken} \end{array} \quad (4b)$$

$$\mu = \frac{d_s^2}{d^2} = \frac{4S}{\pi d^2} = \frac{4T}{\pi d^2} = \frac{4T}{\pi d^2 \rho} \quad \begin{array}{l} \bullet \mu [1] \text{ zaplnění nitě} \\ \bullet d_s [\text{m}] \text{ substanční průměr nitě} \\ \bullet d [\text{m}] \text{ průměr nitě} \\ \bullet S [\text{m}^2] \text{ substanční průřez nitě} \\ \bullet T [\text{tex}] \text{ jemnost nitě} \\ \bullet \rho [\text{kg/m}^3] \text{ hustota vláken} \end{array} \quad (4c)$$

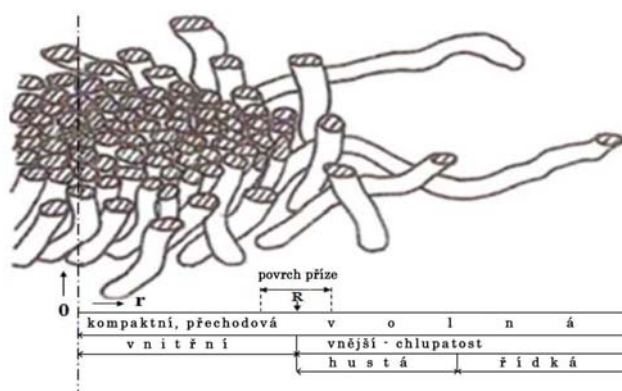
Zaplnění je možné vyjádřit buď pro celý vláknový útvar, nebo v jeho konkrétních místech [3]. Z čehož lze pak charakterizovat strukturu vláknového útvaru. Podle Neckáře [3] existují 4 typy struktur (viz obrázek 4):

Limitní struktura je charakterizována ideálním svazkem nejtěsněji se dotýkajících paralelních válcových vláken. Tomuto modelu se nejvíce blíží multifily, které jsou tvořené nekonečnými vlákny kruhového průřezu [4].

Kompaktní struktura je struktura, ve které se jednotlivá vlákna vzájemně nedotýkají. Vzdálenost mezi vlákny je ale menší, než je polovina jejich vlastního průměru. To má za důsledek, že není možné, aby mezerou mezi vlákny prošlo další vlákno, bez toho aniž by se musela původní vlákna rozestoupit.

Přechodová struktura je přechodem mezi strukturou kompaktní a strukturou volnou. K průchodu vlákna mezi ostatními vlákny postačí odsunutí pouze jednoho vlákna.

Volná struktura je struktura, ve které samostatné vlákno může volně procházet mezi sousedícími vlákny. A to díky tomu, že vzdálenost mezi sousedícími vlákny je větší, než jejich vlastní průměr.



Obrázek 4: Typy struktur a zobrazení chlupatosti [3]

Zaplnění v řezu příze není jednotné. Zpravidla je zaplnění nejvyšší kolem osy příze a směrem k vnějším vrstvám se hodnota zaplnění snižuje. Vláknový materiál je kolem osy příze silně stlačen a v mnoha místech se vlákna vzájemně dotýkají, což se podobá

kompaktní struktuře. Materiál z této oblasti příze je tzv. nosnou podstatou samotné příze. Se zvyšujícím se poloměrem hodnota zaplnění nejprve mírně klesá, což je charakteristické pro strukturu přechodovou. Dále se pak zaplnění začne rychle snižovat a vzniká struktura volná.

Na obalu příze se vyskytují nepravidelně rozložené nenapjaté konce více či méně osamocených vláken, které vyčnívají do prostoru a tvoří tak tzv. chlupatost příze, jak je vidět na obrázku 4. Velký podíl prostoru ve vnější vrstvě příze je vyplněn vzduchem a vlákenné úseky se chovají navzájem nezávisle.

2.3.4 Chlupatost příze

Každá příze obsahuje mezi vlákny nerovnoměrné vzduchové mezery, proto není homogenním válcem a její řez není zcela osově symetrický. Mezi vlákny je možné pozorovat vzduchové mezery, které se zvětšují tím více, čím více se blíží k okraji příze a přecházejí spojitě do oblasti chlupatosti.

Chlupatost lze rozdělit na hustou a řídkou, jak bylo možné vidět výše na obrázku 4. Hustá chlupatost je tvořena velmi krátkými vlákny a smyčkami vláken relativně pevně ukotvenými v přízi, které zasahují do vnějšího prostoru příze. Právě tento fakt může být z hlediska prodyšnosti tkanin s vysokou dostavou velmi významný. Chlupatost příze může značně zasahovat do prostoru póru mezi osnovní a útkovou nití – tím se zvyšuje tření, z čehož vyplývají hydraulické ztráty.

Řídkou chlupatost je možné popsat jako oblast jednotlivých delších vláken odstávajících z příze do prostoru póru (viz obrázek 5). Jednotlivá vlákna díky své délce nejsou pevně ukotvena v přízi, a proto je možné, že při procházejícím vzduchu dojde k jejich částečnému vychýlení z póru. Z toho vyplývá, že nejspíš dochází k jistým hydraulickým ztrátám, ale nejsou tak značné jako při husté chlupatosti.



Obrázek 5: Podélný pohled na chlupatost staplové příze [18]

2.3.5 Průměr nitě

Jak již bylo zmíněno výše, každá příze obsahuje mezi vlákny nerovnoměrné vzduchové mezery, a proto není homogenním válcem. Z toho důvodu není jednoznačně určená definice průměru nitě d [m]. Průměr příze je možné vyjádřit z výše uvedeného vzorce (4c) pro určení zaplnění příze.

$$d = \sqrt{\frac{4S}{\pi\mu}} = \sqrt{\frac{4T}{\pi\mu\rho}}$$

- d [m] průměr nitě
- S [m²] substanční průřez nitě
- T [tex] jemnost nitě
- μ [1] zaplnění nitě
- ρ [kg/m³] hustota vláken

(5)

2.3.6 Substanční průměr nitě

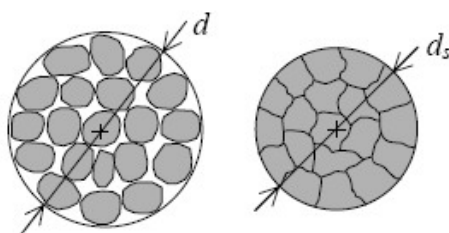
Nejčastěji je pod pojmem průměr nitě uváděn průměr nejmenšího myšleného válce. Pod nejmenším myšleným válcem je možné si představit buď veškerou hmotu příze, nebo její převážnou část. Pro určení teoreticky nejmenšího možného průměru příze je zapotřebí pomyslně stlačit nit tak, aby z ní byl vytlačen veškerý vzduch, který se nachází v mezivlákněm prostoru. Vznikl by tak homogenní válec s plochou substančního průřezu S [m²], a průměr nitě by pak bylo možné určit jako substanční průměr d_s [m]. Mezi průměrem d a substančním průměrem d_s lze pozorovat vztah $d_s < d$, jak je znázorněno na obrázku 6.

$$d_s = \frac{\sqrt{4S}}{\pi} = \frac{\sqrt{4T}}{\pi\rho}$$

$$\text{kde } S = \frac{T}{\rho}$$

- d_s [m] substanční průměr nitě
- S [m²] substanční průřez nitě
- T [tex] jemnost nitě
- ρ [kg/m³] hustota vláken

(6)

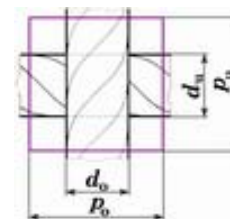


Obrázek 6: Rozdíl mezi průměrem nitě d a substančním průměrem nitě d_s [2]

2.4 Strukturní parametry tkaniny

Plošnou textilií je možné definovat jako textilní útvar, který má tloušťku řádově menší než šířku a délku. Je to struktura, která se periodicky opakuje a je vytvořená principem tkaní. Vzniká vzájemným provázáním nejméně dvou soustav nití, a to osnovních a útkových nití. Osnova je orientovaná v podélném směru tkaniny a útek v příčném směru tkaniny. Po vzájemném provázání obou soustav nití vzniká vazba, tedy pravoúhlá síť s mezinitnými póry, které mají buď obdélníkový, nebo čtvercový tvar.

Běžně se při popisu tkaniny uvádějí, kromě identifikace materiálu, který je použit jako osnovní a útkové nitě, také plošné hmotnosti tkaniny a jemnosti nití i důležité geometrické parametry tkaniny. Geometrickými parametry tkaniny je myšlena dostava osnovních a útkových nití D_o , D_u , popřípadě celková dostava ($D_o \cdot D_u$), tloušťka tkaniny t , která se zpravidla mění na vzorku materiálu pod definovaným přitlakem, dále průměrná hodnota rozteče nití p_o , p_u , což je vlastně převrácená hodnota dostavy, jak je znázorněno na obrázku 7. Dalším důležitým, ale obtížně definovatelným parametrem, je, jak již bylo zmíněno, průměr osnovní nitě d_o a nitě útkové d_u .



Obrázek 7: Geometrické parametry vazného prvku tkaniny [5]

Struktura tkaniny má nepochybně vliv na hodnocení prodyšnosti tkaniny, což je předmětem této práce. Prodyšnost tkaniny závisí na jemnosti nití, dostavě v osnově i v útku, resp. zakrytí, ale také použité vazbě. V případě flotáží (= neprovázaný úsek nití), může docházet k oddálení nití od tkaniny vlivem proudícího vzduchu, čímž se hodnota prodyšnosti může navýšit.

2.4.1 Vazba tkaniny

Vazba tkaniny je v podstatě popis tkaniny, pro který je významná vzájemná poloha osnovních a útkových nití. Základním prvkem vazby tkaniny, tedy provázání osnovních a útkových nití, je tzv. vazný bod. To je místo, kde se osnovní a útková nit vzájemně překrývají.

Existují dva typy vazných bodů: osnovní vazný bod a útkový vazný bod. V případě osnovního vazného bodu leží osnovní nit nad útkovou nití a tím ji překrývá. U útkového vazného bodu je rozložení opačné, takže útková nit leží nad osnovní nití. Kombinací osnovních a útkových vazných bodů a jejich uspořádáním je docíleno určité vazby.

Plátnová vazba

Plátnová vazba je nejpoužívanější a zároveň nejjednodušší vazba. Jedná se o oboustrannou vazbu, která má ze všech typů vazeb nejhustší možné provázání. Je zde pravidlem, že vedle osnovního vazného bodu je vždy ve směru osnovy i útku útkový vazný bod a naopak. Jejím hustým provázáním je zajištěno dobré

zaplnění tkaniny oběma soustavami nití. U plátnové vazby lze snadno zpozorovat každou nepravidelnost v tloušťce nití či nepřesnost v tkacím procesu, což se velmi projevuje na zhoršení jakosti tkaniny.

Střída vazby je čtverec o velikosti 2x2 vazných bodů. Jak je vidět na obrázku 8, střída se znázorňuje zpravidla červeně a může být také orámována. Běžně je do třtin paprsku naváděno několik nití (např. 2 nebo 3), což je v technické vzornici znázorněno vodorovnou čarou odpovídající délky nad střídou vazby. Způsobů návodu do listů je více, na obrázku 8 je uveden návod do dvou listů, kde vyplněné políčko znázorňuje nit navedenou do odpovídajícího listu. U plátnové vazby provazují všechny liché i všechny sudé nitě úplně stejně, z toho důvodu postačují pouhé 2 listy. Ale obvykle se používá i 4, 6 nebo dokonce 8 listů a to proto, aby nebyl v jednom listu naveden příliš velký počet nití, což může znesnadnit průchod nití ze sousedního listu.

U plátnové vazby je možné pozorovat nežádoucí jev nazývaný párkování. Jedná se o párkování osnovních nití, čímž vzniká nestejný vzhled tkaniny.



Obrázek 8: Technická vzornice plátnové vazby [29]

2.4.2 Dostava tkaniny

Dostava tkaniny patří mezi základní a z hlediska hodnocení prodyšnosti velmi významné parametry tkaniny. Hodnota dostavy vyjadřuje počet osnovních a útkových nití na jednotku délky tkaniny. Zpravidla se v praxi dostava určuje na 1 cm, ale lze se setkat i s vyjádřením na 10 cm či 1 m. Hodnota dostavy osnovních a útkových nití ovlivňuje hustotu tkaniny. Pokud je dostava osnovních a útkových nití malá, jedná se o řídkou tkaninu. V opačném případě, tedy pokud je dostava osnovních a útkových nití velká, jedná se o hustou tkaninu. Dostava tkaniny závisí na silovém působení tkacího procesu, na jemnosti příze, ale zejména na vazbě tkaniny.

Nejhustší provázání je u plátňové vazby, žádná jiná vazba nemá více provázání osnovních a útkových nití. Změnou hodnot dostavy útku na různých místech tkaniny lze vytvářet ozdobné prvky a vzory tkaniny, tedy určitou záměrnou nerovnoměrnost v dostavě. Dostava má také vliv na tloušťku a hmotnost tkaniny. V kombinaci spolu s průměry osnovních a útkových nití jsou dostavy osnovy a útku základními charakteristikami pro stanovení plošného zakrytí tkaniny.

2.4.3 Plošná a objemová hmotnost tkaniny

Hmotnost tkaniny je závislá na dostavě jednotlivých soustav, jemnosti jednotlivých komponent a dále na setkání nití v těchto soustavách. Je to tedy součet hmotností všech nití útkové i osnovní soustavy.

Plošná měrná hmotnost tkaniny m_s vyjadřuje hmotnost plošné jednotky tkaniny:

$$m_s = \frac{m_{tk}}{S_{tk}} \quad \begin{array}{ll} \bullet \quad m_s [\text{kg/m}^2] & \text{plošná měrná hmotnost tkaniny} \\ \bullet \quad m_{tk} [\text{kg}] & \text{hmotnost tkaniny} \\ \bullet \quad S_{tk} [\text{m}^2] & \text{plocha } 1\text{m}^2 \text{ tkaniny} \end{array} \quad (7)$$

Objemová měrná hmotnost tkaniny m_v vyjadřuje hmotnost objemové jednotky tkaniny:

$$m_v = \frac{m_{tk}}{V_{tk}} = \frac{m_{tk}}{S_{tk} t_{tk}} = \frac{m_s}{t_{tk}} \quad \begin{array}{ll} \bullet \quad m_v [\text{kg/m}^3] & \text{objemová měrná hmotnost tkaniny} \\ \bullet \quad m_{tk} [\text{kg}] & \text{hmotnost tkaniny} \\ \bullet \quad V_{tk} [\text{m}^3] & \text{objem } 1\text{m}^2 \text{ tkaniny} \\ \bullet \quad S_{tk} [\text{m}^2] & \text{plocha } 1\text{m}^2 \text{ tkaniny} \\ \bullet \quad t_{tk} [\text{m}] & \text{tloušťka tkaniny} \end{array} \quad (8)$$

2.4.4 Tloušťka tkaniny

Charakteristikou tloušťky tkaniny t je měření kolmé vzdálenosti mezi deskou, na které je položen vzorek materiálu, a kruhovým přitlačným kotoučem, tedy čelisti. Čelist působí na hodnocenou tkaninu pod určitým nastavitelným přitlakem. Během experimentálního zjišťování tloušťky tkaniny je zapotřebí hodnotu přitlaku přesně zaznamenat. Zjišťování hodnoty tloušťky tkaniny může být podobně problematické jako zjišťování průměru příze. V tomto případě může hodnotu tloušťky tkaniny ovlivnit svým individuálním přístupem obsluha tloušťkoměru např. nastavením přitlaku čelisti. Dále tato hodnota závisí také na průměru osnovních a útkových nití, na dostavách tkaniny a zejména na použité vazbě, také však na použitém materiálu, který může ovlivňovat tloušťku tkaniny např. tuhostí nití.

Při zjednodušeném pohledu na tloušťku tkaniny si lze tento parametr představit jako součet průměru osnovní a útkové nitě. Ovšem v realitě je situace poněkud složitější. Při vzájemném provazování osnovních a útkových nití dochází k jejich deformaci – jejich průměr přestává být kruhový a stává se spíše elipsovitým. Tloušťka může ovlivňovat celou řadu vlastností plošných tkanin, například prodyšnost či tepelně-izolační vlastnosti.

2.4.5 Zakrytí a zaplnění tkaniny

Oba tyto parametry slouží k popisu struktury tkaniny. Zakrytí tkaniny Z se popisuje bezrozměrnými koeficienty a charakterizuje poměr plochy zakryté nití k celkové ploše tkaniny, nebo jejího vazného bodu. Tento parametr je z hlediska hodnocení prodyšnosti významný. Dalo by se říci, že čím menší zakrytí tkaniny je, tím větší je naměřená prodyšnost a naopak, při větším zakrytí tkaniny prodyšnost klesá, a to z důvodu, že se ve tkanině vyskytuje méně otevřené plochy pro volný průchod vzduchu.

Zaplnění vyjadřuje poměr objemu nitě k celkovému objemu textilie, nebo, stejně jako u zakrytí, jejího vazného bodu. Lze také určit plnost tkaniny, což je poměr konkrétní dostavy, tedy hustoty tkaniny k dostavě limitní, tedy maximální dosažitelné. Zakrytí tkaniny je možné určit více způsoby. Jedním z nich je určení jednou soustavou nití, tedy buď osnovou, nebo útkem, kde je zakrytí vyjádřeno (viz obrázek 7) jako poměr plochy osnovní nebo útkové nitě k ploše vazného bodu [5].

$$Z_{lo} = \frac{d_o p_u}{p_o p_u} = \frac{d_o}{p_o} = d_o D_o$$

- Z_{lo} [1] zakrytí osnovy
- d_o [m] průměr osnovní nitě
- p_o [m] rozteč osnovní nitě ve tkanině
- p_u [m] rozteč útkové nitě ve tkanině

$$Z_{lu} = \frac{d_u p_o}{p_o p_u} = \frac{d_u}{p_u} = d_u D_u$$

- Z_{lu} [1] zakrytí útku
- d_u [m] průměr útkové nitě
- p_o [m] rozteč osnovní nitě ve tkanině
- p_u [m] rozteč útkové nitě ve tkanině
- D_u [1/m] dostava útkových nití ve tkanině

Dalším způsobem určení zakrytí Z je vyjádření pomocí dvou soustav nití. Kde plocha vazného bodu je $p_o p_u$, plocha zakrytá osnovou je vyjádřena jako $d_o p_u$, plocha zakrytá útkem je $d_u p_o$, a dvakrát, současně osnovní i útkovou nití zakrytá plocha je $d_o d_u$ [5].

$$Z = \frac{p_u d_o + p_o d_u - d_o d_u}{p_o p_u} = \frac{d_o}{p_o} + \frac{d_u}{p_u} - \frac{d_o d_u}{p_o p_u} = z_{lo} + z_{lu} - z_{lo} z_{lu} \quad (10)$$

Zakrytí tkaniny je také možné chápat jako kolmý průmět obou soustav nití, tedy osnovních a útkových do roviny, která je rovnoběžná s rovinou tkaniny [6]. Vyjádření vzorečku pak vypadá takto:

$$Z = D_o d_o + D_u d_u - d_o d_u D_o D_u$$

- Z [1] zakrytí plošné textilie
- d_o [m] průměr osnovní nitě
- d_u [m] průměr útkové nitě
- D_o [1/m] dostava osnovních nití ve tkanině
- D_u [1/m] dostava útkových nití ve tkanině

Zaplnění, jak již bylo zmíněno výše, vyjadřuje poměr objemu nitě k celkovému objemu textilie. Je možné ho tedy určit takto:

$$\mu = \frac{V_n}{V_t}$$

- μ [1] zaplnění plošné textilie
- V_n [m³] objem nitě
- V_t [m³] objem plošné textilie

2.4.6 Porosita

Porosita se vyskytuje ve všech textilních materiálech, tedy textilních útvarech jako např. v přízi, tkanině, pletenině, ale i netkané textilií. Plošné i délkové textilie tak mají společnou vlastnost a to sice, že nejsou plně zaplněné. Každý útvar obsahuje místa, kde se vyskytuje materiál a kde naopak chybí, právě toto prázdné místo bývá označováno jako pór. Je zapotřebí zmínit možnost výskytu pórů uvnitř samotného vlákna, ta je ovšem z hlediska hodnocení prodyšnosti tkaniny nevýznamná, resp. zanedbatelná. Póry uvnitř vláken jsou tak malé, že jimi neprochází takřka žádný vzduch.

Stejně tak i póry, které se vyskytují uvnitř nitě (je možné je označit jako mezivláčenné póry), nemají žádný zásadní vliv při průchodu vzduchu plošnou textilií. Jak ale naznačuje práce Havrdové [4], která mimo jiné toto téma rozebírá, otázka mezivláčenných pórů je poněkud komplikovanější. V případě plošných textilií vyrobených ze staplových přízí může nastat složitá situace. Pokud je tkanina natolik hustě dostavená, že velikost pórů mezi nitěmi je malá, a tedy i překrytá chlupatostí přízí (jak již bylo zmíněno), může docházet k průchodu vzduchu mezi jednotlivými vlákny ve staplové přízi. Tato problematika odpadá v případě, kdy jsou póry mezi nitěmi v textilií dostatečně velké. Pak prochází vzduch nejsnazší cestou odporu, tedy mezinitnými póry. Z toho vyplývá, že mezivláčenné póry zde nehrají žádnou výraznou roli. Tkanina sama o sobě obsahuje zpravidla póry „největších“ rozměrů (při porovnání s póry uvnitř vlákna a póry mezivláčennými).

Velikost pórů je ovlivněna stavbou tkaniny, tedy počtem nití na jednotku délky, dále vazbou tkaniny, ale i typem použitých přízí v osnově a útku. Další určující parametry, které mají zásadní vliv na velikost mezinitných pórů, jsou konečné úpravy tkaniny, jako je např. kalandrování (za působení tlaku popř. i tepla dochází ke zploštění přízí a následnému zaplnění mezinitných pórů tkaniny).

Porosita, označovaná P , je bezrozměrné číslo, které udává pouze informaci o tom, kolik vzduchu je obsaženo v textilií. Nevypovídá nic konkrétního o rozložení vzduchu v textilií, neurčuje tedy velikost pórů, ani jejich typ či uspořádání. Běžně je charakterizována jako poměrné číslo v intervalu od 0 do 1, ale lze ji vyjádřit i v procentech, a to v intervalu od 0 do 100. Pokud je voleno procentuální vyjádření, porosita značí procentuální zastoupení vzduchu v textilií.

Porositu lze určit mnoha způsoby, jak řadou teoretických postupů, tak i různými experimentálními metodami pro zjišťování porosity. Při zohlednění složitosti struktury textilních materiálů obsahuje každá z metod určité zjednodušující předpoklady, které ovšem způsobují mírné nepřesnosti. Z toho vyplývá, že není jednoduché vybrat tu nejlepší variantu pro získání hodnoty porosity textilních materiálů. Situaci zde ještě komplikuje fakt, že ne všechny póry se podílejí na přenosu vzduchu.

Vzhledem k zadání předkládané práce je možné chápat plošnou porositu jako doplňkovou plochu k ploše zakryté. Její vztah je pak stanoven z plošného zakrytí textilie a je definován takto:

$$P_s = 1 - Z$$

- $P_s [1]$ porosita stanovená z plošného zakrytí
- $Z [1]$ plošné zakrytí

(13)

2.5 Vliv strukturních parametrů tkaniny na hodnotu její prodyšnosti

Struktura tkaniny je sama o sobě velice složitá. Při experimentálním zjišťování hodnoty prodyšnosti dochází k možné deformaci, která je způsobena silovými účinky proudícího vzduchu. Ovšem při reálném pohledu na tuto problematiku, např. u oděvních textilií, k této situaci nedochází. Materiál není nikdy vystaven souvislému toku vzduchu pod stejným tlakem. Z toho vyplývá, že tato problematika je velice složitá.

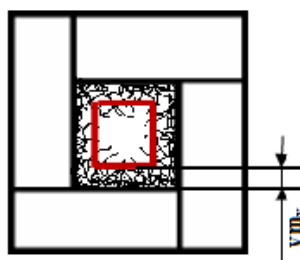
Je jisté, že struktura tkaniny má zásadní vliv na hodnotu prodyšnosti. Pokud se bude měřit hodnota prodyšnosti na dvou tkaninách, které budou utkané ve stejné vazbě z naprosto identických přízí (o stejných jemnostech a použitém materiálu), ale hodnota jejich dostav bude rozdílná, prodyšnost bude diametrálně odlišná. Stejný případ nastává u porovnávání tkanin se stejnou hodnotou zakrytí Z . Je možné si představit, že tkaniny, které mají stejné zakrytí, budou mít i stejnou hodnotu prodyšnosti. Tak tomu ale není. Lze dosáhnout určitého zakrytí při použití jemných nití a vysoké dostavy, ale stejného zakrytí lze docílit i při použití hrubších nití a nízké dostavy. Ovšem každá z těchto tkanin bude mít rozdílné velikosti pórů. Tkanina s vysokou dostavou bude mít velké množství malých pórů, tím pádem bude při zjišťování prodyšnosti docházet k většímu tření a hodnota prodyšnosti bude menší, než u tkaniny, která má dostavu nižší a ve které se proto nachází sice méně, ale zato větších pórů.

Velký vliv na hodnotu prodyšnosti má také chlupatost staplových přízí. Při hustých dostavách osnovních i útkových nití může docházet k tomu, že se póry překryjí chlupatostí jednotlivých přízí, a tím pádem se ztíží průchod vzduchu a dojde tak k jistým hydraulickým ztrátám.

Dalším strukturním parametrem, který má vliv na prodyšnost, je vazba tkaniny. U určitých typů vazeb se vyskytují flotující úseky nití, které vlivem proudícího vzduchu mohou kmitat, či se odchýlit ze své původní osy, čímž se hodnota prodyšnosti může zvýšit. U tkanin plátnové vazby, které jsou předmětem této práce, uvedený jev nenastává.

Čapková ve své práci [18] mimo jiné řešila vliv materiálu, dostavy osnovních a útkových nití a jemnosti nitě na prodyšnost tkaniny u plátnových vazeb. Během výzkumu ověřila, že prodyšnost se snižuje se zvětšující se dostavou, jelikož se zvyšuje zakrytí tkaniny. A že z hlediska jemnosti mají tkaniny zhotovené z přízí větších jemností menší prodyšnost, a to proto, že s nárůstem jemnosti dochází také k nárůstu počtu vláken v průřezu nitě a roste tak také průměr příze. Ovšem tento fakt ovlivňuje dostavy osnovních a útkových nití, jak již bylo zmíněno.

V experimentální části zmíněné práce [18] byly dále z příčných řezů příze určeny vzdálenosti míry odstávajících vláken vm_v [mm] od průměru příze, jak je možné pozorovat na obrázku 9. Průměr hodnocené příze odpovídal hodnotě radiálního zaplnění 0,15. Míry vzdálenosti byly měřeny od místa, kde křivka zaplnění protínala hodnotu radiálního zaplnění 0,15 a hodnotu blízkou nule. Bylo vysledováno, že nárůst jemnosti příze souvisí s nárůstem počtu vláken v průřezu příze, čímž tedy roste také pravděpodobnost výskytu odstávajících vláken na povrchu příze.



Obrázek 9: Míra odstávajících vláken od průměru příze v pórové buňce [18].

V další části práce [18] Čapková zkoumala deformaci průměru příze ve vazném bodě. Pomocí obrazové analýzy proměřovala hodnoty průměru osnovních a útkových nití ve vazném bodě a pro porovnání i mimo vazný bod. Ve výzkumu potvrdila logický předpoklad, že průměr příze měřený mimo vazný bod je menší než průměr ve vazném

bodě. Příčinou tohoto stavu je deformace provazujících nití. Pomocí obrazové analýzy Čapková dále proměřovala plochy, tedy plošnou porositu tkaniny, a průměry jednotlivých mezinitných pórů. Plošná porosita tkaniny je ovlivňována průměry nití a dostavami osnovních a útkových nití. Z toho důvodu u plátňové vazby dochází k snižování porosity se zvyšující se dostavou nití. Byl také ověřen předpoklad, že průměr mezinitného póru se snižuje s rostoucí jemností příze a dostavami tkaniny.

2.6 Prodyšnost

Prodyšnost textilních materiálů, tedy schopnost textilie propouštět vzduch za stanovených podmínek, je podle normy ČSN EN ISO 9237 [7] definována jako rychlost proudu vzduchu, který prochází kolmo na zkušební vzorek při specifikovaných podmínkách pro zkušební plochu, tlakový spád a dobu trvání zkoušky. Obvykle je označována AP a její hodnota je zaznamenávána v [m/s]. Přístroje pro měření prodyšnosti pracují na principu tlakového spádu mezi rubem a lícem plošné textilie. Během zjišťování prodyšnosti se zaznamenává rychlost proudícího vzduchu přes textilií za daného tlakového spádu.

Prodyšnost je jedním z nejdůležitějších parametrů užitných vlastností plošných textilií. Je určována především dostavou osnovních a útkových nití, průměrem osnovních a útkových nití, ale i zvolenou vazbou tkaniny. Prodyšnost je velmi ovlivňována i druhem konečné úpravy, nepochybně bude naměřena rozdílná prodyšnost u naprosto stejných tkanin, pokud jedna z nich bude např. potištěna.

Důležitou charakteristikou plošné textilie z hlediska hodnocení prodyšnosti je velikost jednotlivých mezinitných pórů, jejich tvar, zejména jejich šířka a délka, ale také uspořádání jednotlivých typů pórů ve tkanině. Zjišťování prodyšnosti má tu výhodu, že se nejedná o destruktivní zkoušku a že je relativně rychlé. Proměřováním prodyšnosti na určitých pravidelně rozmístěných místech v ploše tkaniny je možné odhalit případné nedostatky v technologickém postupu výroby, jako je např. špatné seřízení stroje, které má za následek vytvoření nerovnoměrnosti tkaniny. Tímto problémem se předkládaná práce zabývá ve své experimentální části.



Obrázek 10: Přístroj FX 3300 Air Permeability Tester III [29]

Hodnotu prodyšnosti lze naměřit např. pomocí přístroje FX 3300 Air Permeability Tester III od firmy TexTest uvedeného na obrázku 10. Zkoumaná textilie se pokládá na desku stroje, ve které je otvor upínací plochy 20 cm^2 , a upevní se přítlačným zařízením. Po spuštění procesu stroj nasává vzduch přes textilií a měřicí hlavici, pomocí čidel se zaznamenává naměřená hodnota, tedy rozdíl tlaků před a za vzorkem textilie. Zjišťování hodnoty prodyšnosti pomocí tohoto přístroje je rychlé a jednoduché. Zařízení je uzpůsobené pro měření prodyšnosti všech druhů textilních materiálů, a to od hustě dostavených tkanin až po řídké netkané textilie.

2.6.1 Predikce prodyšnosti

Predikce neboli odhad budoucích hodnot skutečného průběhu, je velmi důležitá při vývoji textilních materiálů. Pokud by bylo možné předem alespoň orientačně určit jisté vlastnosti materiálů, mělo by to zásadní vliv na ekonomiku, spotřebovaný materiál, urychlení výroby atd. Zákazník by mohl předem zadat požadované vlastnosti textilního materiálu a výrobce by se snažil dostat při výrobě textilie co nejvíce požadavkům klienta. Jednou ze zásadních vlastností je prodyšnost tkaniny. Prodyšnost textilních materiálů je ovlivňována jejich morfologickou strukturou. Na základě složitosti struktur textilních materiálů a nedostatku vhodných matematických modelů se obvykle prodyšnost zjišťuje experimentálně.

Hodnotu prodyšnosti by bylo možné předem orientačně odhadnout ze základních strukturních parametrů tkaniny, jak uvádí Havlová [6]. Těmito strukturními parametry jsou míněny zejména jemnosti, resp. průměry osnovních a útkových nití použitých pro výrobu tkaniny a také dostavy osnovy i útku.

Je nutno podotknout, že se jedná o tkaniny s plátňovou vazbou. Ze základních strukturních parametrů lze vypočítat teoretickou plochu kolmého průmětu jednoho mezinitného póru tkaniny do roviny.

$$A_1 = \left(\frac{1}{D_o} - d_o \right) \left(\frac{1}{D_u} - d_u \right) \quad (15)$$

- A_1 [m²] plocha póru
- d_o [m] průměr osnovní nitě
- d_u [m] průměr útkové nitě
- D_o [1/m] dostava osnovních nití ve tkanině
- D_u [1/m] dostava útkových nití ve tkanině

Dále lze stanovit obvod kolmého průmětu jednoho mezinitného póru tkaniny do roviny.

$$O_1 = 2 \left(\frac{1}{D_o} - d_o \right) + 2 \left(\frac{1}{D_u} - d_u \right) \quad (16)$$

- O_1 [m] obvod póru
- d_o [m] průměr osnovní nitě
- d_u [m] průměr útkové nitě
- D_o [1/m] dostava osnovních nití ve tkanině
- D_u [1/m] dostava útkových nití ve tkanině

Dalším parametrem, který lze vypočítat ze základních strukturních parametrů, je průměr kolmého průmětu jednoho mezinitného póru.

$$d_p = \frac{1}{2} \left[\left(\frac{1}{D_o} - d_o \right) + \left(\frac{1}{D_u} - d_u \right) \right] \quad (17)$$

- d_p [m] průměr póru
- d_o [m] průměr osnovní nitě
- d_u [m] průměr útkové nitě
- D_o [1/m] dostava osnovních nití ve tkanině
- D_u [1/m] dostava útkových nití ve tkanině

Havlová ve své výzkumné zprávě [6] navrhla dva vztahy pro predikci prodyšnosti:

$$AP \approx (1,6254D_o - 1864,8) \cdot O_l + (-0,0002D_o - 0,4294) \quad (18)$$

- AP [m/s] prodyšnost
- D_o [1/m] dostava osnovních nití
- O_l [m] obvod póru

$$AP \approx (135637 \cdot T^{-0,866}) \cdot d_p - 0,94 \quad (19)$$

- AP [m/s] prodyšnost
- T [tex] jemnost nití ve tkanině
- d_p [m] průměr póru

2.7 Vliv distribuce velikosti mezinitných pórů na prodyšnost tkaniny

Velikost jednotlivých mezinitných pórů tkaniny má zásadní vliv na hodnocení prodyšnosti. Pokud se v této problematice zohlední i chlupatost staplových přízí, jak již bylo zmíněno výše, nastává složitá situace.

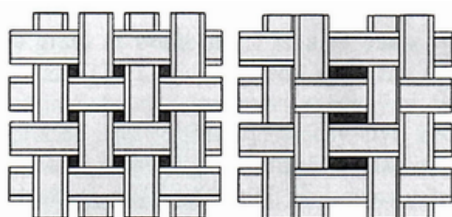
Jistý vliv na hodnocení prodyšnosti mají samozřejmě nerovnoměrnosti v dostavách osnovy a útku, které způsobují právě značné rozdíly ve velikosti pórů. Ale i nerovnoměrnosti samotných přízí, které jsou v dostavách použity.

Výše uvedené vzorce (15, 16 a 17) pro výpočet některých strukturních charakteristik tkaniny se opírají o teorii, že jednotlivé póry ve tkanině jsou víceméně totožné. Ve skutečnosti je ovšem situace mnohem složitější. V dostavách tkaniny dochází k posunu přízí vlivem nerovnoměrnosti. V dostavě osnovy je možné pozorovat pravidelně opakující se soustavy dvou, ale i tří přízí, které jsou těsně uloženy vedle sebe. Řešená situace je zobrazena jak schematicky (na obrázku 11), tak reálně na obrázku 12.

Jak je uvedeno také v příspěvku [21], v místě, kde jsou příze blízko u sebe, se nacházejí malé mezinitné póry, které se vlastně zmenšily ve prospěch těch velkých mezinitných pórů, které se nacházejí vždy mezi soustavami přízí. V důsledku těsného uložení přízí vedle sebe nastává situace, kdy chlupatost jednotlivých přízí překrývá malé mezinitné póry tak, až téměř zaniknou. Protože vzduch proudí cestou nejmenšího odporu, dochází

k tomu, že malými póry prochází minimum vzduchu – o to více ho ale proudí skrze velké póry.

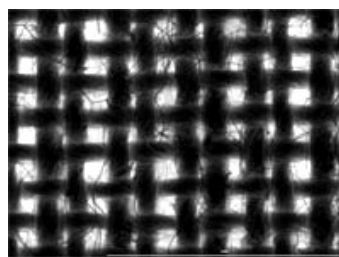
Lze se domnívat, že tkanina, která obsahuje „malé“ a „velké“ póry, má mnohem větší prodyšnost, než tzv. ideální tkanina, která má všechny póry stejně velké. U ideální tkaniny dochází k mnohem většímu tření, než u tkaniny složené z „velkých“ a „malých“ pórů.



Obrázek 11: schéma ideální a reálné tkaniny [6]

Na prvním schématu je znázorněná tzv. ideální tkanina, která obsahuje všechny póry stejně velké.

Na druhém schématu je možné pozorovat tkaninu, která má nerovnoměrnost v osnově tkaniny.



Obrázek 12: Tkaniny s nerovnoměrností dostavy osnovy [6]

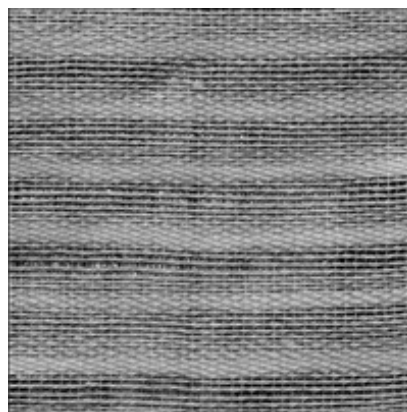
V případě, že má vzduch dostatečně velký prostor pro proudění mezinitními póry tkaniny, je možné předpokládat, že vzduch bude proudit právě tudy. Pak je tedy možné vliv mezivlákněných pórů na prodyšnost tkaniny zanedbat, tedy uvažovat přízi za neprodyšnou. Situace je ovšem mnohem složitější v případě hustě dostavených tkanin, které jsou vyrobeny ze staplových přízí. Velikost mezinitních pórů se pak může zmenšit do takové míry, že vzduch je nucen procházet i přes povrchové vrstvy příze, jelikož mají menší zaplnění než vnitřní vrstvy příze [18]. Čapková ve své práci [18] zjistila, že velikost experimentálně naměřeného a vypočítaného průměru póru je velmi blízká vzdálenosti míry odstávajících vláken. Z toho vyplývá, že lze opravdu předpokládat, že u tkanin s vyšší dostavou jsou mezinitné póry natolik překryty odstávajícími vlákny, že dochází k proudění vzduchu i přes vnitřní vrstvu příze.

2.8 Nerovnoměrnosti v dostavách nití tkaniny

Jakákoliv nerovnoměrnost v dostavách nití tkaniny může mít zásadní vliv při zjišťování hodnoty prodyšnosti tkaniny. Nerovnoměrností je zde myšlena např. vada v dostavě osnovy či útku, ale i efekt vzorování (jako např. jev uvedený výše na obrázku 10, který často nastává záměrně např. u panamy nebo kanavy) atd.

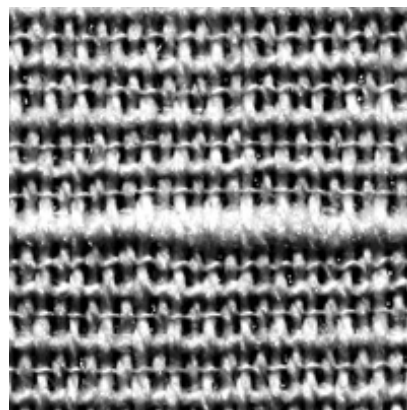
Zešikmená tkanina. Tento jev se projevuje tím, že útky nejsou kolmé k osnovním nitím. K této nezáměrné nerovnoměrnosti dochází tak, že je osnova navinuta na vále s rozdílným napětím, nebo svůrka není rovnoběžná s prstíkem [11]. Tento jev má za důsledek deformace jednotlivých mezinitných pórů, což může mít patrně vliv na prodyšnost tkaniny.

Vzhledová vada neboli pruhovitost je odchylka ve vzhledu, struktuře a vlastnostech v rozsáhlé ploše tkaniny. Tato nerovnost se vyskytuje na velké ploše a v mnohých formách a oblastech tkaniny (viz obrázek 13) [8]. Tato vada může být jak záměrná, tak i nezáměrná a na hodnotu prodyšnosti má zásadní vliv. Prodyšnost bude mít rozdílné hodnoty v místě, které je hustě dostavené, a v místě, kde je dostava nižší.



Obrázek 13: pruhovitost [8]

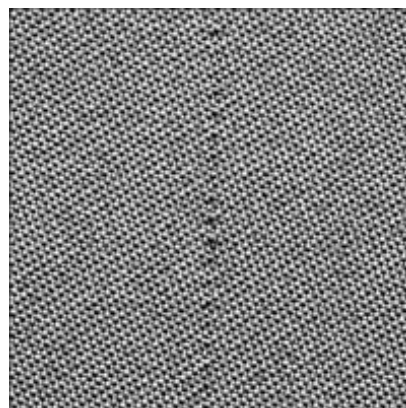
Vada nitě. Tato nerovnoměrnost může být označována také jako tlusté místo, tenké místo, nopek, nerovnoměrná nit či vadná nit. Vzniká při tkaní zatknáním jednoduché nebo směšové nitě, která je nestejnoměrná. Lze ji pozorovat jako změnu v tloušťce nitě (viz obrázek 14) [9,10]. Tato nerovnoměrnost ve tkanině může mít zdobící efekt, resp. může být záměrná, pak se ale musí vyskytovat ve tkanině



Obrázek 14: vada nitě [8]

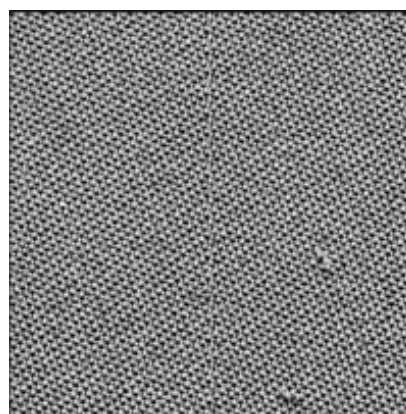
pravidelně. Lze se s ní však setkat i jako s nerovnoměrností nezáměrnou, tedy vadou nitě.

Volná nit ve tkanině je způsobena nedostatečným napětím nití. Je možné ji pozorovat jako volnou nit, tedy nedostatečně napnutou nit, která se jeví jako objemnější [9]. Při této nezáměrné nerovnoměrnosti se zatkává větší délka nitě a způsobuje tak změnu ve struktuře tkaniny (viz obrázek 15). Při častějším výskytu ve tkanině by měla tato nerovnoměrnost vliv na hodnotu prodyšnosti.



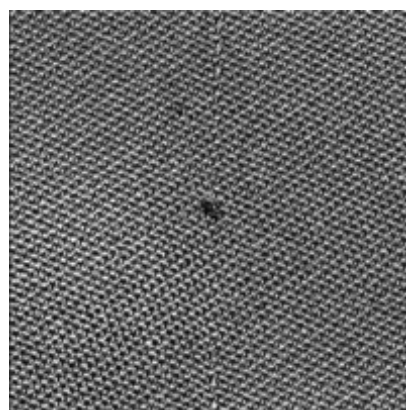
Obrázek 15: volná nit [8]

Vypnutá nit, tedy přepjatá nit, vzniká vysokým napnutím nití a jeví se jako chybějící nit (viz obrázek 16) [9]. Jedná se o nezáměrnou nerovnoměrnost ve tkanině.



Obrázek 16: vypnutá nit [8]

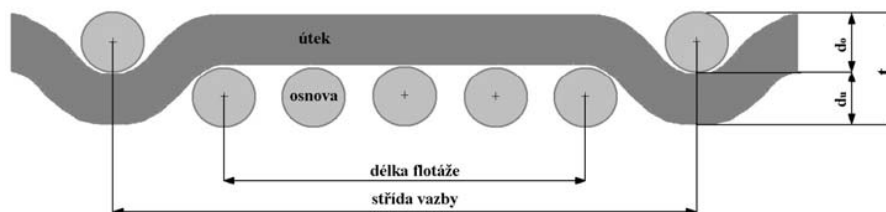
Smyčka, smyčková nit, zkroucená nit vzniká chybným napínáním útkových nebo osnovních nití a její vzhled se jeví jako krátké hrubé místo s několika vyčnívajícími smyčkami (viz obrázek 17) [10]. Smyčky mohou být záměrné za účelem vzorování, ale i čistě náhodné, tedy nezáměrné.



Obrázek 17: smyčka [8]

Nadhozy, podhozy neboli flotáž, flotující nit, neprovázaná nit vzniká neprovázáním nití v jednom nebo více vazných bodech za účelem vytvoření vazebního efektu. Jedná se o určitou délku nitě, která zůstává volná na povrchu tkaniny, tedy není zatkaná, jak lze pozorovat na obrázku 18. Obvykle se jedná o záměrné nerovnoměrnosti vyskytující se systematicky po celé ploše tkaniny, zejména u vícevazných keprů a

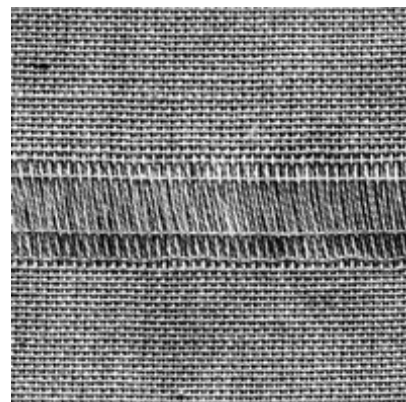
atlasů, v plátnové vazbě se tento efekt neprojevuje. Je možné se s touto nerovnoměrností setkat ojediněle i v případech, kdy se nejedná o záměr. Tato nerovnoměrnost může mít vliv na hodnotu prodyšnosti plošné textilie. Lze se domnívat, že při procházení vzduchu skrz tkaninu dochází k mírnému odchýlení neprovázaných nití, čímž se hodnota prodyšnosti zvyšuje.



Obrázek 18: Flotující nit [13]

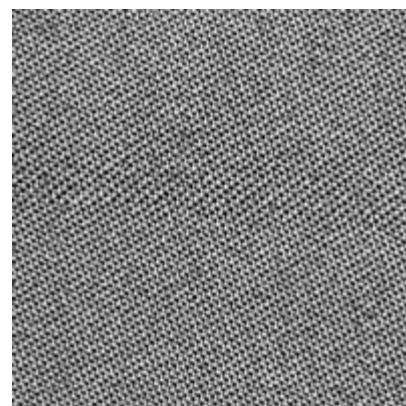
2.8.1 Vady ve směru útku

Nedoraz neboli pruh po rozběhu, či nerovnoměrná útková dostava, nebo útková pruhovitost, jak lze i jinak nazvat tuto vadu, vzniká nedostatečnou dostavou útkových nití. Vadu je možné zaznamenat jako částečně průhledné místo ve tkanině. V extrémních případech se může vyskytovat jen pár útkových nití na jeden centimetr. Tento jev je pozorovatelný běžně po celé šířce tkaniny a je nezáměrný. Hlavními příčinami vzniku nedorazu jsou špatné napětí osnovy po zapnutí stroje, nebo pozvolný rozběh či brzdění stroje [9] (viz obrázek 19).



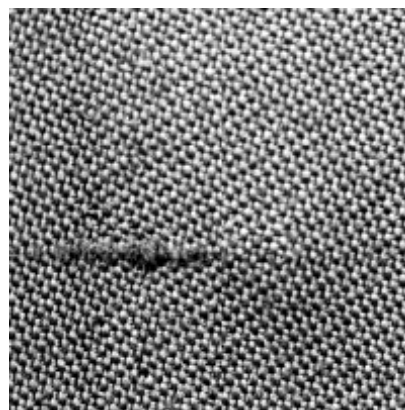
Obrázek 19: nedoraz, neboli nerovnoměrná dostava útku [8]

Útkový pruh lze také nazvat jako příčný pruh, či nerovnoměrná útková dostava, útková pruhovitost, či silné místo [10]. Tato nerovnoměrnost ve tkanině vzniká nadměrnou dostavou útkových nití a obvykle je nezáměrná. Lze ji ale využít i pro vzorování a to tak, že se po určitých intervalech zvýší příraz. Je možné ji pozorovat jako zhuštění nití napříč šířkou celé tkaniny. (viz obrázek 20)



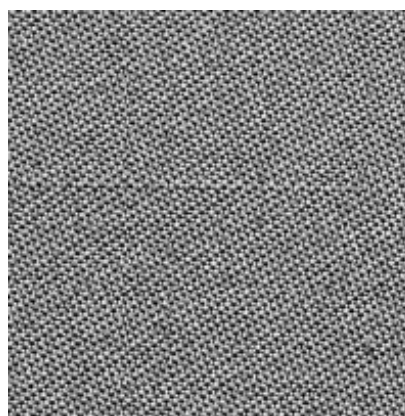
Obrázek 20: útkový pruh [8]

Zátah, který je běžně označován také jako záběh nebo zatáhnutý útek, vzniká zatkáním určité délky útkové nitě, která byla vtáhnuta do prošlupu v následujícím přehoze. Vzhled vady značně kolísá a to jak v délce, tak tloušťce. Závisí to na tom, zda byla vtáhnuta pouze jedna nebo více nití do prošlupu. V některých případech je možné pozorovat malé smyčky nití (viz obrázek 21) [8]. Tato nerovnoměrnost je nezáměrná.



Obrázek 21: zátah [8]

Odlišná nit neboli zdvojený útek, či dvoják [10] je způsoben zatkáním odlišné délky nitě v jednoduché nebo zdvojené formě do tkaniny. Tento jev je nezáměrný a je možné jej pozorovat jako silné místo různé tloušťky, závislé na tom, zda byla zatkaná jednoduchá nebo dvojitá příze. U některých případů může být viditelná i vyčnívající smyčka (viz obrázek 22).



Obrázek 22: odlišná nit [8]

2.8.2 Vady ve směru osnovy

Stopa po paprsku se projevuje po celé délce tkaniny a je viditelná jako hustší nebo naopak řidší dostava osnovních nití, řádkování nebo chlupacení nití. Hlavními příčinami vzniku je nesprávný návod do paprsku, mechanicky poškozený paprsek, či zanesený nebo rezavý paprsek [11]. Jedná se o jev nezáměrný.

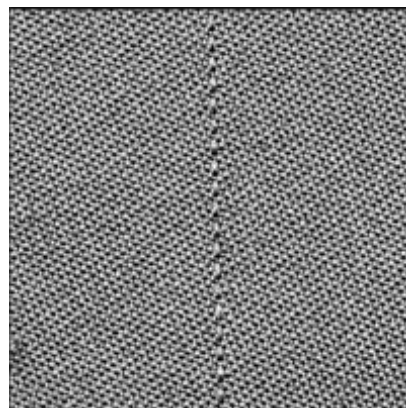
Osnovní pruh neboli nerovnoměrná osnovní dostava či osnovní pruhovitost vzniká nepravidelnou dostavou osnovních nití [9]. Tato nerovnoměrnost je nezáměrná a jeví se jako úzký viditelný pruh v osnovním směru tkaniny (viz obrázek 23).



Obrázek 23: osnovní pruh [8]

Vadný návlek, který lze označit i jako dvoják po osnově, vada navádění nebo chybný návlek vzniká nesprávným provázáním osnovní nitě, která vychází ze špatného navlečení osnovních nití. Může nezáměrně vzniknout v případě, kdy je příliš mnoho osnovních nití navlečených v brdě a způsobují tak nesprávnou dostavu. Je možné ho pak pozorovat jako úzký pásek odlišné vazby, ale je těžko zjistitelný, protože se rozkládá po celé délce tkaniny [8].

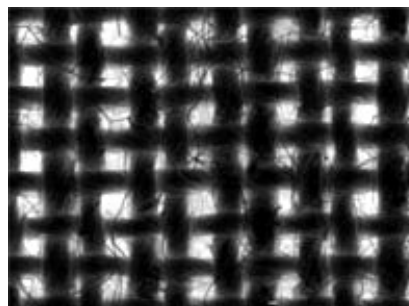
Paprsková převrátka, neboli vazební chyba či vada provázání [10] vzniká nezáměrně, nesprávným navedením nití do paprsku a je pozorovatelná jako úzký proužek ve směru osnovy, jak je vidět na obrázku 24.



Obrázek 24: paprsková převrátka [8]

Párkování osnovních nití je nežádoucí jev, který se vyskytuje zejména u plátňové vazby. Je možné jej pozorovat jako znatelné mezery mezi malými skupinami nití (nejčastěji dvě nebo tři nitě). Hlavními příčinami párkování je nesprávně seřízená svůrka nebo nesprávně seřízený prošlup, nevhodný nit'ový kříž, nevhodně zvolené číslo paprsku či špatný návod do paprsku [12].

Z hlediska hodnocení prodyšnosti je tato nezáměrná nerovnoměrnost v dostavě osnovy velmi významná. Jak je vidět na obrázku 25, vždy dvě nitě jsou blízko u sebe a tím tvoří tzv. párkování. Ideální tkanina by měla všechny póry stejně velké. Ve skutečnosti tomu ovšem tak není.



Obrázek 25: párkování

Třtinový efekt je záměrná nerovnoměrnost v dostavě osnovních nití. Vyznačuje se rozdílným návodem nití do paprsku, čímž lze docílit vzorování (pruhování) po osnově.

3 Experimentální část

Experimentální část předkládané diplomové práce se zabývá hodnocením vztahu mezi strukturou tkaniny a její prodyšností. Na souboru 18 tkanin byly stanoveny hodnoty prodyšnosti a dále hodnoty základních strukturních parametrů, jako jsou dostavy osnovních a útkových nití. Hodnoty průměrů osnovních a útkových nití byly získány jako výsledky měření na přístroji Uster tester 4-SX prováděném laboratoří KTT. Z 18 tkanin bylo následně vybráno 10 tkanin, na kterých byly experimentálně (pomocí obrazové analýzy) zjišťovány rozměrové charakteristiky jednotlivých mezinitných pórů.

Je zapotřebí podotknout, že veškeré experimenty zmíněné v této práci byly prováděny v relativně stejných podmínkách, při teplotě okolo 20,9°C a vlhkosti 41 %.

3.1 Charakteristika použitých textilních materiálů

K experimentům předkládané práce byly použity různé, tedy nijak neupravené tkaniny, které byly vyrobeny v podniku SPOLSIN s.r.o., Česká Třebová. Tkaniny byly utkány v plátňové vazbě ze staplových přízí. Pro jejich výrobu byly použity 100% polyesterové příze o třech různých jemnostech $T = 16,5 \text{ tex}$, 25 tex a 40 tex . Kombinací jemností a různých dostav v osnově i útku vznikly odlišné tkaniny. Pro experiment této diplomové práce bylo vybráno 18 tkanin, jejichž plošné zakrytí se pohybovalo v rozmezí od 0,682 do 0,883.

Na každé tkanině byla pomocí makroskopu 10x spočítána dostava osnovy a dostava útku na 1 cm. Zjištěné hodnoty byly zprůměrovány a přepočteny na 1 m. Dále byl laboratoří KTT experimentálně zjištěn průměr nití na přístroji Uster tester 4-SX. Z těchto parametrů bylo vyjádřeno plošné zakrytí Z a následně porosita P_s stanovená z plošného zakrytí. V níže uvedené tabulce 1 jsou uvedeny základní parametry všech použitých tkanin. Barevně zvýrazněné tkaniny byly použity pro další experiment.

Tabulka 1: Základní konstrukční parametry použitých materiálů

Označení tkaniny	T_o [tex]	T_u [tex]	D_o [1/m]	D_u [1/m]	d_o [m]	d_u [m]	Z [1]	P_s [1]
1	25	25	1930	1910	0,000227	0,000227	0,682	0,318
2	16,5	16,5	2535	2425	0,000177	0,000177	0,685	0,315
3	16,5	25	2520	1925	0,000177	0,000227	0,688	0,312
4	25	40	1920	1520	0,000227	0,000305	0,697	0,303
5	40	40	1585	1510	0,000305	0,000305	0,721	0,279
6	16,5	16,5	2900	2470	0,000177	0,000177	0,726	0,274
7	25	25	2320	1975	0,000227	0,000227	0,739	0,261
8	16,5	16,5	2930	2835	0,000177	0,000177	0,760	0,240
9	25	25	2365	2225	0,000227	0,000227	0,771	0,229
10	40	40	1910	1515	0,000305	0,000305	0,775	0,225
11	25	25	2655	1935	0,000227	0,000227	0,777	0,223
12	40	40	1980	1810	0,000305	0,000305	0,823	0,177
13	16,5	25	3285	2620	0,000177	0,000227	0,830	0,170
14	25	40	2655	1900	0,000227	0,000305	0,833	0,167
15	25	25	2765	2660	0,000227	0,000227	0,852	0,148
16	40	40	2205	1835	0,000305	0,000305	0,856	0,144
17	16,5	40	3220	2185	0,000177	0,000305	0,857	0,143
18	40	40	2245	2060	0,000305	0,000305	0,883	0,117

3.2 Experimentální zjišťování prodyšnosti tkanin

Jak již bylo zmíněno v teoretické části předkládané práce, hodnota prodyšnosti se zjišťuje na přístroji FX 3300 Air Permeability Tester III od firmy TexTest. Pokud se proměřuje velká plocha materiálu, obvykle se měření provádí úhlopříčně po pravidelných intervalech po celé ploše tkaniny. Tímto způsobem se získá nejpřesněji průměrná hodnota prodyšnosti. Podmínkou je, že se měření musí provádět minimálně 10 cm od krajů tkaniny. V těchto oblastech je tkanina ovlivněna kraji, a má tak obvykle jinou dostavu, takže měření by nebylo objektivní.

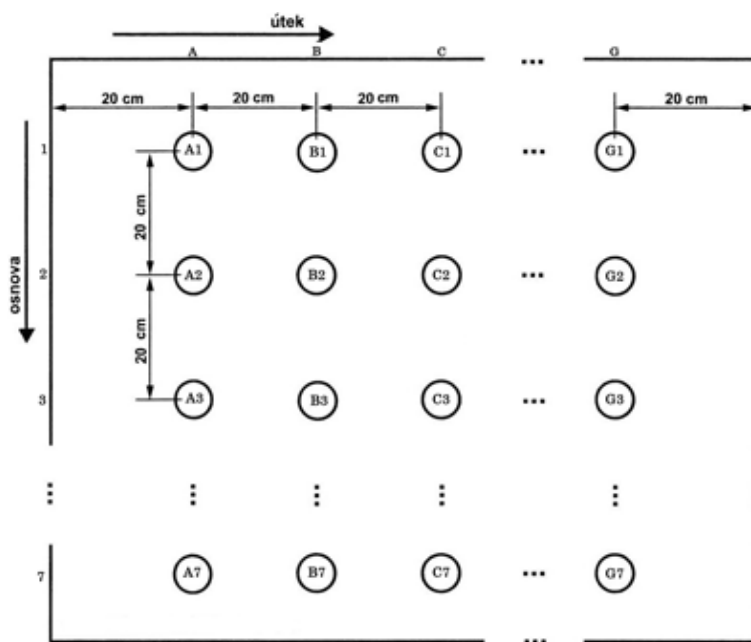
V této práci je řešen problém nerovnoměrnosti v dostavách jak osnovních nití, tak útkových nití v plošné textilií. Pro finální tkaniny je důležité, aby měly hodnoty vlastností stejné po celé své ploše. V praxi tomu tak ovšem často nebývá. Prodyšnost se na různých místech ve tkanině značně liší. Z tohoto důvodu byl pro zjišťování hodnoty prodyšnosti volen jiný, méně běžný způsob, který napomáhá k hodnocení nerovnoměrnosti prodyšnosti plošných textilií. Pomocí této metodiky hodnocení nerovnoměrnosti prodyšnosti lze odhalit i další vlastnosti plošné textilie.

3.3 Hodnocení nerovnoměrnosti prodyšnosti v plošných textiliích

Smyslem metodiky pro hodnocení nerovnoměrnosti prodyšnosti v plošných textiliích, která byla navržena v disertační práci Havrdové [4], je proměření hodnot prodyšnosti v konkrétních definovaných místech pravidelně rozložených v ploše tkaniny. Systematické rozdělení bodů tvoří pravoúhlou síť, pomocí které lze snáz vysledovat důvod nerovnoměrnosti naměřených hodnot. První bod je zapotřebí umístit minimálně 10 cm (lépe 20 cm) od kraje tkaniny. Intervaly mezi jednotlivými proměřovanými body je vhodné volit v rozmezí cca 10 cm až 20 cm.

Pro hodnocení prodyšnosti byl v této práci zvolen právě výše popsáný způsob.

Na každé tkanině byla vyznačena síť bodů, jejichž rozteč byla 20 cm, jak je znázorněno na obrázku 26. První proměřovaný bod byl odsazen 20 cm od kraje tkaniny. Experimentální tkaniny mají šíři 160 cm, z toho vyplývá, že s dvacetimetrovými intervaly mezi body bylo proměřeno sedm míst v šířce tkaniny. Po délce tkaniny, tedy po osnově byl zvolen stejný počet proměřovaných míst. Tedy počet řádků $i = 7$ a počet sloupců $j = 7$.



Obrázek 26: Schéma rozložení bodů pro hodnocení nerovnoměrnosti prodyšnosti plošné textilie [29]

Jak je uvedeno v práci Havrdové [4], je možné stanovit odděleně variační koeficienty CV_o ve směru osnovy a CV_u ve směru útku, pomocí kterých lze pozorovat variability prodyšnosti plošné textilie.


3.3.1 Analýza rozptylu

Dalším způsobem pro stanovení významnosti jednotlivých zdrojů variability je analýza rozptylu, jinak označovaná ANOVA (z anglického Analysis of Variance). Obvykle se v praxi používá jako postup umožňující analýzu zdrojů variability u statistických modelů. Smyslem analýzy rozptylu je rozložení celkového rozptylu dat na dvě složky, a to složky objasněné, které představují známé zdroje variability, a složku neobjasněnou, tedy náhodnou. Poté jsou testovány hypotézy o významnosti jednotlivých zdrojů variability.

Existuje několik typů analýzy rozptylu, které slouží pro vyhodnocování dat. Jedním z nich je jednofaktorová analýza rozptylu, která se využívá (zjednodušeně popsáno) při zkoumání vlivu jednoho faktoru na výsledek experimentu. Dalším typem je dvoufaktorová analýza rozptylu, kterou je dále možné rozdělit na dvoufaktorovou analýzu s opakováním měření dat a bez opakování měření dat [15].

Principem dvoufaktorové analýzy rozptylu je provádění experimentů na různých úrovních dvou faktorů A a B . Kombinací úrovní faktorů A a B je tvořena mřížková struktura, jejímž elementem je tzv. cela neboli buňka. Mřížková struktura je znázorněna níže na obrázku 27. V každé buňce je obecně n_{ij} pozorování, jedná se tedy o metodu s opakováním měření dat.

	B_1	B_2	...	B_M
A_1	•	•	...	•
A_2	•	•	...	•
...
A_N	•	•	...	•



celo A_2B_2

Obrázek 27: Mřížková struktura pro dvoufaktorovou analýzu dat [29]

Ovšem často se lze setkat s případem, kdy se provádí měření bez opakování (metoda analýzy rozptylu bez opakování měření dat). V každé buňce se pak nachází pouze jediné měření, tedy $n_{ij} = 1$. V tomto případě analýzy rozptylu bez opakování měření, který je typický pro řešenou problematiku v předkládané diplomové práci, má model tvar:

$$y_{ij} = \mu + \alpha_i + \beta_j + \alpha_i\beta_j \quad (20)$$

kde μ značí celkovou střední hodnotu, složky α_i jsou charakteristické pro řádkové efekty, tedy efekty faktoru A odpovídající směru osnovy; složky β_j jsou charakteristické pro sloupcové efekty, tedy efekty faktoru B , které odpovídají směru útku; a interakční člen $\tau_{ij} = C\alpha_i\beta_j$, který je důsledkem různých kombinací sloupcových a řádkových efektů.

Nejjednodušším modelem interakce je Tukeyův model interakce, tedy tzv. model neaditivní s jedním stupněm volnosti, který je vyjádřen právě výše zmíněným tvarem $\tau_{ij} = C\alpha_i\beta_j$, kde C značí konstantu. Tukeyův model interakce je výhodný právě v případech, kdy se v každé buňce nachází pouze jedno pozorování. [15].

Odhady parametrů μ , α_i a β_j se určují podle níže uvedených vztahů, kde N značí počet řádků, M počet sloupců a y_{ij} je naměřená hodnota buňky.

$$\hat{\mu} = \frac{1}{NM} \sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^M y_{ij} \quad (21)$$

$$\hat{\alpha}_i = \frac{1}{M} \sum_{j=1}^M y_{ij} - \hat{\mu} \quad (22)$$

$$\hat{\beta}_j = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N y_{ij} - \hat{\mu} \quad (23)$$

K uskutečnění dvoufaktorové analýzy rozptylu je zapotřebí nejprve určit hodnoty, které jsou uvedeny níže v tabulce 2.

Tabulka 2: Analýza rozptylu pro dvojné třídění s interakcí Tukeyova typu [15]

Součet čtverců pro	Stupně volnosti	Průměrný čtverec	Kritérium F
Faktor A	$N - 1$	$M_A = S_A / (N - 1)$	$F_A = M_A / M_{AB}$
$S_A = M \sum_{i=1}^N \alpha_i^2$			
Faktor B	$M - 1$	$M_B = S_B / (M - 1)$	$F_B = M_B / M_{AB}$
$S_B = N \sum_{j=1}^M \beta_j^2$			
Interakce (Tukey) S_T	I	$M_T = S_T$	$F_T = M_T / M_E$
Reziduální	$NM - N - M$	$M_E = S_R / (NM - N - M)$	
$S_R = S_{AB} / S_T$			

Ve výše uvedené tabulce 2 představuje S_T součet čtverců odchylek, které odpovídají Tukeyově interakci.

$$S_T = \left(\sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^M y_{ij} \hat{\alpha}_i \hat{\beta}_j \right)^2 / \sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^M \hat{\alpha}_i^2 \hat{\beta}_j^2 \quad (24)$$

Symbol S_{AB} značí reziduální součet čtverců pro případ bez interakcí a jeho vztah vypadá následovně:

$$S_{AB} = \sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^M (y_{ij} - \hat{\alpha}_i - \hat{\beta}_j)^2 \quad (25)$$

Odpovídající průměrný čtverec M_{AB} je určen vztahem:

$$M_{AB} = \frac{S_{AB}}{(N - 1)(M - 1)} \quad (26)$$

Pomocí F -kritéria, které je uvedeno v tabulce 2 je možné provádět statistické testování hypotéz. Všechny testy se standardně provádějí na hladině významnosti 0,05.

Testované hypotézy:

- H_0 : efekty faktoru A jsou nulové, resp. $\alpha_i = 0$
rovnoměrnost ve směru osnovy
- H_0^* : efekty faktoru B jsou nulové, resp. $\beta_i = 0$
rovnoměrnost ve směru útku
- H_0^{**} : interakce je nulová, resp. $\tau_{ij} = C\alpha_i\beta_j$

3.3.2 Aplikace metodiky hodnocení nerovnoměrnosti prodyšnosti na experimentální tkaniny

Výše zmiňovaná metodika pro zjišťování nerovnoměrnosti prodyšnosti v plošných textiliích byla aplikována na hodnocené rezné tkaniny. Jak již bylo zmíněno, na všech experimentálních tkaninách byla naznačena síť celkem 49 bodů, tedy sedm řádků $i = 7$ a sedm sloupců $j = 7$. Jednotlivé body byly od sebe vzdáleny 20 cm.

Měření se provádělo za těchto podmínek:

- 20 cm² upínací plocha
- 100 Pa tlakový spád

Naměřená data hodnocení prodyšnosti jsou k nahlédnutí v příloze A (tabulka 1 až tabulka 18). Z naměřených hodnot byly následně stanoveny základní statistické výpočty, tedy průměrná hodnota prodyšnosti, dále variační koeficient CV a 95% konfidenční interval. Tyto hodnoty jsou uvedeny níže v tabulce 3.

Tabulka 3: Hodnoty základního statistického hodnocení prodyšnosti použitých textilních materiálů

Označení tkaniny	Průměrná prodyšnost [mm/s]	CV [%]	95% konfidenční interval [mm/s]
1	1812,45	5,71	(1783,46 ; 1841,44)
2	1838,57	4,4061	(1815,89 ; 1861,25)
3	2021,4	4,066	(1998,42 ; 2044,44)
4	1669,18	6,54	(1638,6 ; 1699,76)

5	1584,9	4,00	(1567,13 ; 1602,66)
6	1391	6,12	(1367,18 ; 1414,86)
7	1322,9	8,33	(1292,01 ; 1353,71)
8	925,35	9,13	(901,70 ; 948,99)
9	842,33	12,02	(813,98 ; 870,67)
10	1152,68	4,87	(1137,13 ; 1168,58)
11	904,57	10,82	(877,16 ; 931,98)
12	680,5	7,77	(665,7 ; 695,32)
13	489,84	15,581	(468,47 ; 511,21)
14	485,63	11,69	(469,74 ; 501,52)
15	265,29	17,14	(252,55 ; 278,02)
16	383,1	11,1	(371,2 ; 395,01)
17	402,41	15,02	(385,49 ; 419,33)
18	229,88	16,69	(219,14 ; 240,62)

Kromě základních statistických výpočtů byla také stanovena analýza rozptylu, díky které je možné pozorovat nerovnoměrnost prodyšnosti tkanin. Výpočty analýzy rozptylu se řídily podle výše uvedených vzorců ((20) až (26)) a návodu v tabulce 2. Testovány byly tři výše zmíněné hypotézy H_0 , H_0^* a H_0^{**} .

Na všech tkaninách byl vyjádřen variační koeficient CV zvlášť pro soustavu osnovních a útkových nití. Výsledky analýzy rozptylu a variační koeficienty jsou uvedeny níže v tabulce 4.

Tabulka 4: Hodnocení rovnoměrnosti tkanin

Označení tkaniny	CV_o [%]	CV_u [%]	H_0	H_0^*	H_0^{**}
1	5,85	2,35	1,585 < 2,364 akceptována	41,584 > 2,364 zamítnuta	0,000 < 4,15 Akceptována
2	4,42	2,08	5,937 > 2,364 zamítnuta	41,713 > 2,364 zamítnuta	0,321 < 4,15 Akceptována
3	4,14	1,95	3,314 > 2,364 zamítnuta	33,858 > 2,364 zamítnuta	2,045 < 4,15 Akceptována
4	6,95	1,71	0,997 < 2,364 akceptována	103,502 > 2,364 zamítnuta	0,414 < 4,15 Akceptována
5	4,03	2,21	2,792 > 2,364 zamítnuta	22,733 > 2,364 zamítnuta	0,048 < 4,15 Akceptována
6	6,4	1,94	2,382 > 2,364 zamítnuta	81,268 > 2,364 zamítnuta	1,656 < 4,15 Akceptována

7	8,83	2,018	1,853 < 2,364 akceptována	135,291 > 2,364 zamítnuta	0,075 < 4,15 Akceptována
8	9,58	2,73	3,830 > 2,364 zamítnuta	113,149 > 2,364 zamítnuta	0,318 < 4,15 Akceptována
9	12,67	2,90	4,316 > 2,364 zamítnuta	184,018 > 2,364 zamítnuta	0,019 < 4,15 Akceptována
10	4,91	2,3	4,359 > 2,364 zamítnuta	38,479 > 2,364 zamítnuta	0,081 < 4,15 Akceptována
11	11,51	2,29	1,619 < 2,364 akceptována	185,9 > 2,364 zamítnuta	0,123 < 4,15 Akceptována
12	8,09	2,52	1,646 < 2,364 akceptována	56,165 > 2,364 zamítnuta	2,286 < 4,15 Akceptována
13	16,58	2,99	1,303 < 2,364 akceptována	220,978 > 2,364 zamítnuta	0,012 < 4,15 Akceptována
14	12,34	2,79	1,146 < 2,364 akceptována	123,756 > 2,364 zamítnuta	0,059 < 4,15 Akceptována
15	18,1	4,07	2,641 > 2,364 zamítnuta	155,878 > 2,364 zamítnuta	0,166 < 4,15 Akceptována
16	11,56	3,32	6,552 > 2,364 zamítnuta	135,423 > 2,364 zamítnuta	0,006 < 4,15 Akceptována
17	13,74	8,54	63,02 > 2,364 zamítnuta	169,946 > 2,364 zamítnuta	6,475 > 4,15 Zamítnuta
18	17,57	3,62	3,219 > 2,364 zamítnuta	169,706 > 2,364 zamítnuta	6,241 > 4,15 Zamítnuta

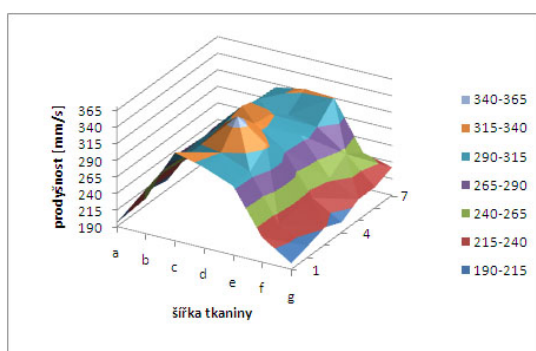
Z tabulky 4 lze pozorovat nerovnoměrnosti v dostavách tkanin již podle variačních koeficientů, které jsou vyjádřeny zvlášť pro osnovu a útek. Tyto hodnoty odpovídají i výsledkům analýzy rozptylu.

Z výsledků analýzy rozptylu je možné vyvodit, že předpoklad rovnoměrnosti ve směru osnovy, tedy vliv útku, je akceptován u tkanin 1, 4, 7, 11, 12, 13, a 14. Předpoklad rovnoměrnosti ve směru útku, tedy vliv osnovy, není akceptován ani u jedné zkoumané tkaniny. Předpoklad nulové interakce mezi efekty faktoru *A* a faktoru *B* byl akceptován téměř ve všech případech až na tkaniny 17 a 18, kde byla nulová interakce zamítnuta. Ve většině případů lze nerovnoměrnost považovat za velice statisticky významnou. Barevně vyznačené tkaniny byly použity pro další experiment.

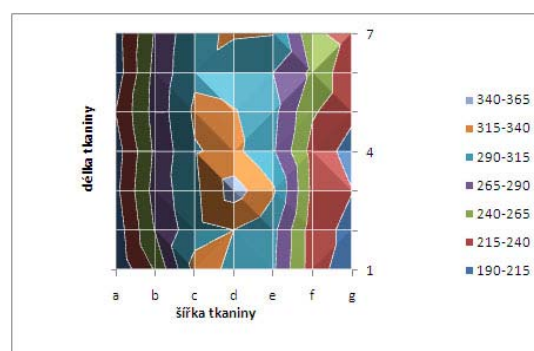
Z tabulky 4 je sice možné dobře pozorovat nerovnoměrnosti v dostavách nití tkanin, ale pro zřetelnější představu byly naměřené hodnoty prodyšnosti vyneseny do dvou přehledných grafů. Jedná se o povrchový 3D graf z bočního úhlu pohledu (který lze

pozorovat na obrázku 28a, kde je zobrazena pro ukázkou tkanina 15) a o povrchový graf s pohledem shora na obrázku 28b (také pro tkaninu 15).

Pomocí těchto 3D grafů lze velmi dobře pozorovat nerovnoměrnosti v dostavách nití tkaniny, které mohou být způsobeny např. nesprávným nasnováním osnovy tkaniny, nebo jinými špatnými technologickými postupy, které mohou vést k nerovnoměrnému napětí osnovy. Šířka intervalu barevného rozlišení úrovní prodyšnosti byla pro každý graf volena vždy přibližně 10 % z průměrné naměřené hodnoty prodyšnosti. Jak je vidět na níže uvedeném obrázku 28, nerovnoměrnost se projevuje zejména ve směru útku. Což značí právě nerovnoměrnosti v dostavě osnovy.



Obrázek 28a: Povrchový 3D graf – boční pohled pro **tkaninu 15**



Obrázek 28b: Povrchový graf – pohled shora pro **tkaninu 15**

Jak je vidět na obrázku 28a, povrchový 3D graf s bočním pohledem znázorňuje zejména prostorově naměřené hodnoty prodyšnosti resp. nerovnoměrnosti v dostavách. Kdežto graf s pohledem shora (na obrázku 28b) umožňuje lepší představu o rozložení naměřených hodnot prodyšnosti resp. nerovnoměrností v ploše tkaniny. Z tohoto důvodu byly voleny právě tyto dva typy grafů. Výše popsaná metodika byla zpracována také v práci Havrdové [4] na jiných typech tkanin.

Při proměřování prodyšnosti tkanin byla zjištěna významná nerovnoměrnost ve směru útku u všech zkoumaných materiálů, což odpovídá zjištěním analýzy rozptylu. Směr útku vlastně značí nerovnoměrnost osnovy. U některých tkanin je možné pozorovat i nerovnoměrnost ve směru osnovy. Tyto nerovnoměrnosti ovšem v porovnání s nerovnoměrnostmi ve směru útku nejsou až tak zásadní.

Obrázky všech tkanin jsou k nahlédnutí v příloze A (obrázek 1a až obrázek 18a).

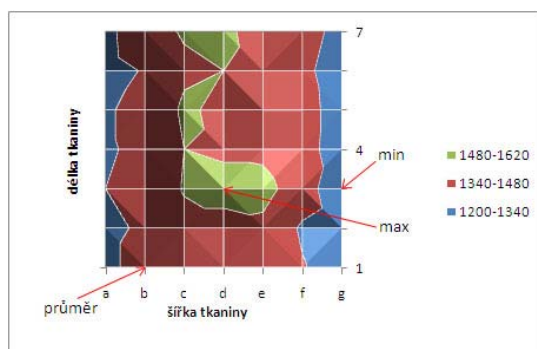
3.4 Nerovnoměrnost prodyšnosti tkanin

Na základě zjištění významných nerovnoměrností prodyšnosti ve tkaninách byl navržen další experiment. Smyslem experimentu bylo prozkoumání velikosti jednotlivých mezinitných pórů ve tkaninách na třech různých místech:

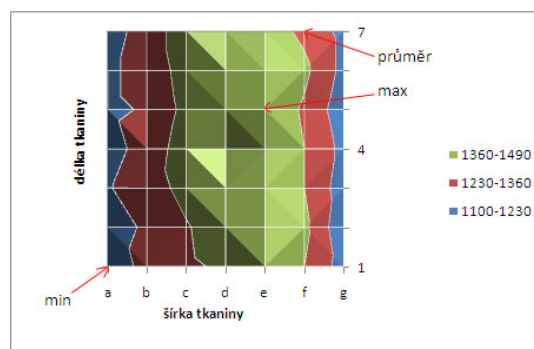
- v místě, kde byla naměřená prodyšnost největší (**max**)
- v místě, kde byla naměřená prodyšnost nejmenší (**min**)
- v místě, kde se nacházela hodnota prodyšnosti, která se co nejvíce blížila hodnotě průměrné prodyšnosti (**průměr**)

Pro tento experiment byly vybrány tkaniny, které mají vždy stejnou jemnost nití v osnově a v útku. Jedná se o deset tkanin, a to s označením 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 15, 16 a 18. Všech deset tkanin bylo pro snazší orientaci zvýrazněno jak v tabulce 1, tak i v tabulce 4.

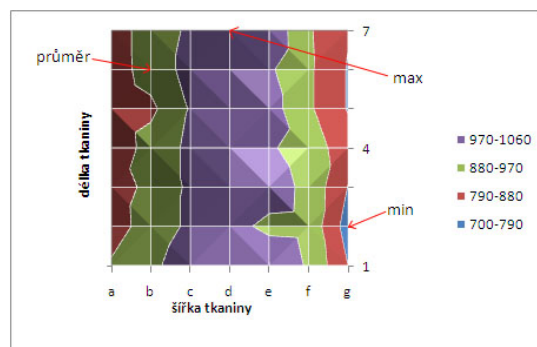
Nejprve byla na každé tkanině vybrána místa (obrázky 29 až 38), na kterých byly následně zkoumány velikosti jednotlivých mezinitných pórů. Zjišťování velikosti pórů se provádělo pomocí obrazové analýzy.



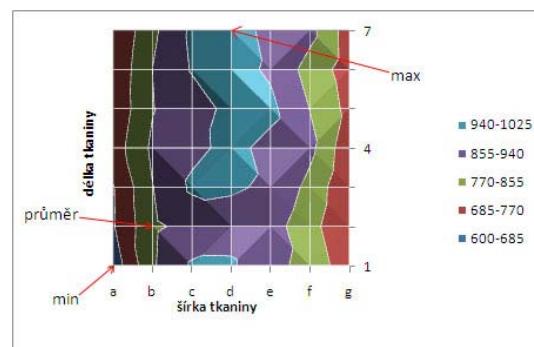
Obrázek 29: Povrchový graf – pohled shora pro **tkaninu 6** s vyznačením míst pro zkoumání velikosti mezinitných pórů



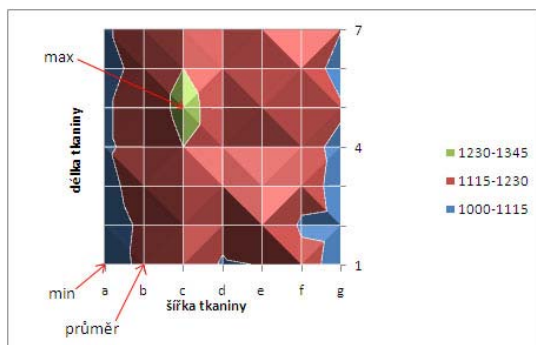
Obrázek 30: Povrchový graf – pohled shora pro **tkaninu 7** s vyznačením míst pro zkoumání velikosti mezinitných pórů



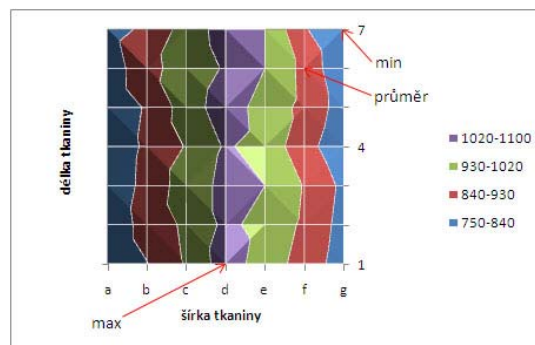
Obrázek 31: Povrchový graf – pohled shora pro **tkaninu 8** s vyznačením míst pro zkoumání velikosti mezinitných pórů



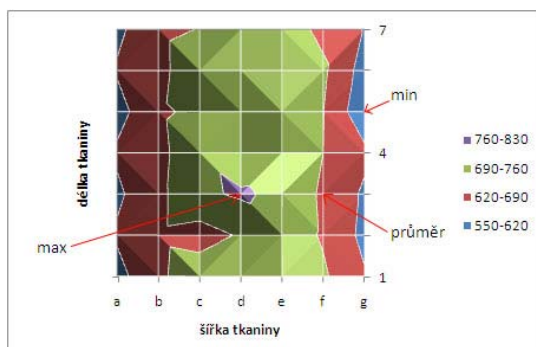
Obrázek 32: Povrchový graf – pohled shora pro **tkaninu 9** s vyznačením míst pro zkoumání velikosti mezinitných pórů



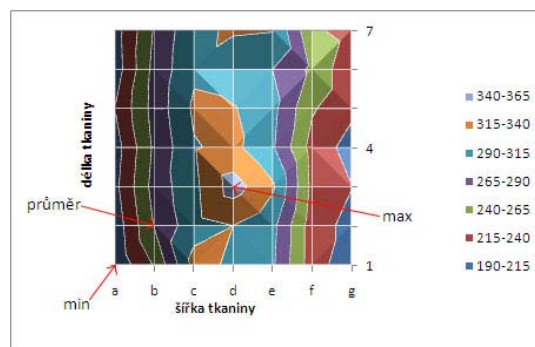
Obrázek 33: Povrchový graf – pohled shora pro **tkaninu 10** s vyznačením míst pro zkoumání velikosti mezinitných pórů



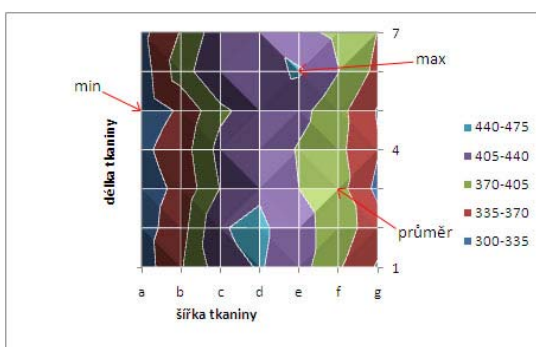
Obrázek 34: Povrchový graf – pohled shora pro **tkaninu 11** s vyznačením míst pro zkoumání velikosti mezinitných pórů



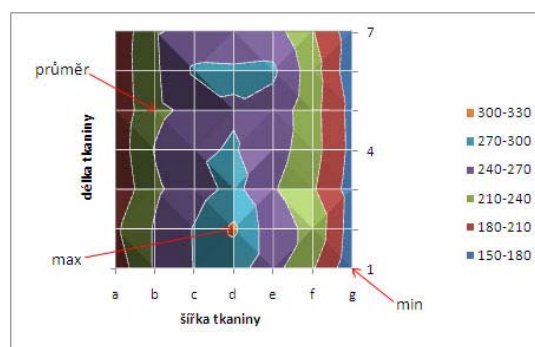
Obrázek 35: Povrchový graf – pohled shora pro **tkaninu 12** s vyznačením míst pro zkoumání velikosti mezinitných pórů



Obrázek 36: Povrchový graf – pohled shora pro **tkaninu 15** s vyznačením míst pro zkoumání velikosti mezinitných pórů



Obrázek 37: Povrchový graf – pohled shora pro **tkaninu 16** s vyznačením míst pro zkoumání velikosti mezinitných pórů



Obrázek 38: Povrchový graf – pohled shora pro **tkaninu 18** s vyznačením míst pro zkoumání velikosti mezinitných pórů

3.4.1 Obrazová analýza

Obrazová analýza je systém, který je tvořen makroskopem, digitální kamerou a počítačem vybaveným speciálním softwarem pro analýzu barevného obrazu. Takovýmto softwarem může být např. LUCIA. Rozlišení snímání obrazu a hloubka obrazu závisí zejména na typu systému LUCIA, na grafických ovladačích systému MS Windows a na hardwarové konfiguraci počítačové stanice. LUCIA používá pro uchování obrazové informace svůj vlastní formát, tzv. LIM, ale je také možnost přímo v LUCIA ukládat informace do standardních obrazových formátů jako např. JPG, TIF, BMP, RLE a další. Ovšem tyto ostatní formáty s sebou již nenesou informace o obrazu.

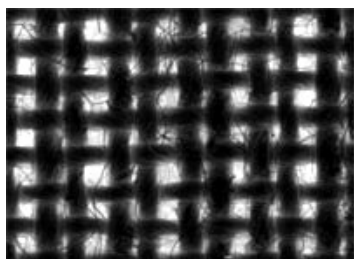
3.4.2 Aplikace obrazové analýzy

Snímání obrazu bylo provedeno na horizontální sestavě pomocí digitální kamery LUCIA BASLER, makroskopu NAVITAR a softwaru LUCIA G. Při snímání obrazu je velmi důležité zvolit vhodné rozlišení, provést kalibraci obrazu a správně nastavit kameru a optické členy makroskopu. Tyto parametry musí být při každém měření dodržovány. Důležité je také rovnoměrné vyvážení všech barev ve snímaném obrazu.

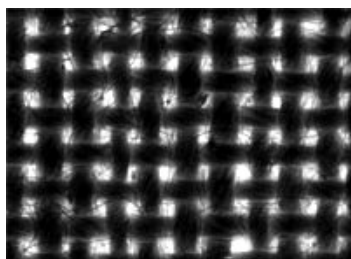
Pomocí obrazové analýzy se zjišťovaly délky dp [mm] a šířky sp [mm] jednotlivých mezinitných pórů ve všech deseti tkaninách. Pro další práci s naměřenými daty byly hodnoty délek dp [mm] a šířek sp [mm] převedeny na metry (dp [m] a sp [m]).

Určování jednotlivých délek a šířek pórů bylo voleno subjektivně. Volba hranice mezi přízí a pórem je intuitivní. V každém místě, které bylo zkoumáno (na každé tkanině byla 3 určená místa), bylo proměřeno 300 jednotlivých mezinitných pórů, z čehož vyplývá, že na každé tkanině, která byla zkoumána obrazovou analýzou, bylo naměřeno 900 délek a 900 šířek jednotlivých mezinitných pórů.

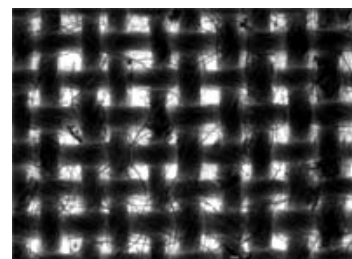
V každém definovaném místě, které bylo na tkanině proměřováno, byl nasnímán obraz. Tyto obrazy posloužily k vizuálnímu hodnocení nerovnoměrnosti mezinitných pórů ve tkanině. Na obrázcích 39a, b, c je znázorněna tkanina 9. Ostatní obrazy (1a, b, c až 10a, b, c) nasnímaných tkanin jsou k nahlédnutí v příloze B.



Obrázek 39a: Nasnímaný obraz **tkaniny 9** z místa, kde byla naměřená prodyšnost **maximální**.



Obrázek 39b: Nasnímaný obraz **tkaniny 9** z místa, kde byla naměřená prodyšnost **minimální**.



Obrázek 39c: Nasnímaný obraz **tkaniny 9** z místa, kde byla naměřená prodyšnost **průměrná**.

3.5 Hodnocení nerovnoměrnosti velikosti mezinitných pórů.

Jak již bylo zmíněno, při teoretických výpočtech charakteristik pórů se předpokládá, že velikosti jednotlivých mezinitných pórů jsou stejně velké. Ovšem jak bylo možné vidět na výše uvedených obrázcích 39a, b, c, velikosti jednotlivých mezinitných pórů se v reálných rezných tkaninách výrazně liší. Největší nerovnoměrnosti se podle vizuálního hodnocení jeví v dostavách osnovy tkaniny. V dostavách útku tkaniny se nerovnoměrnosti zdají být pouze nepatrné.

Hodnocení nerovnoměrnosti velikosti jednotlivých mezinitných pórů pouhým okem není objektivní a je dosti nepřesné a zavádějící. Nicméně zřetelně z něho plyne, že čím je párkování výraznější, tím roste prodyšnost, což potvrzuje předpoklady [6], [21]. Z důvodu objektivity navrhované metodiky hodnocení nerovnoměrnosti velikosti jednotlivých pórů byly proměřovány velikosti pórů pomocí obrazové analýzy.

3.6 Navrhovaná metodika pro vyhodnocení nerovnoměrnosti velikosti mezinitných pórů

3.6.1 Histogram

Jedním ze způsobů jak lze vyhodnotit nerovnoměrnosti velikosti pórů, je hodnocení pomocí histogramu.

Histogram je vlastně grafické znázornění distribuce dat. Data se vynášejí do sloupcového grafu, kde mají všechny sloupce stejnou šíři. Šířky sloupců vyjadřují šířku intervalů, tedy tříd, a výška sloupců je definována četnostmi sledované veličiny v daném intervalu [16]. Rozdělení histogramu by mělo být normální, pokud není, značí to nerovnoměrnost dat.

Principem této navrhované metodiky je vytvoření vždy třech histogramů pro každou tkaninu. Jeden histogram pro hodnocení velikosti mezinitných pórů v místě s maximální prodyšností, druhý pro hodnocení velikosti pórů v místě s minimální prodyšností a třetí pro hodnocení velikosti pórů v místě s průměrnou prodyšností. Do těchto tří histogramů budou v první fázi vyneseny hodnoty šířek jednotlivých mezinitných pórů, v druhé fázi hodnoty délek jednotlivých pórů a nakonec, ve třetí fázi i hodnoty plochy (vypočtené z délek a šířek podle níže uvedeného vztahu (27)). Hodnoty plochy jsou do grafů vynášeny pro případ, že by byla hodnocena pouze nerovnoměrnost velikosti jednotlivých mezinitných pórů bez ohledu na to, zda je tato nerovnoměrnost způsobena vlivem osnovy nebo útku.

$$A_{1M} = dp \cdot sp$$

• $A_{1M} [m^2]$	plocha jednoho póru	(27)
• $dp [m]$	délka póru	
• $sp [m]$	šířka póru	

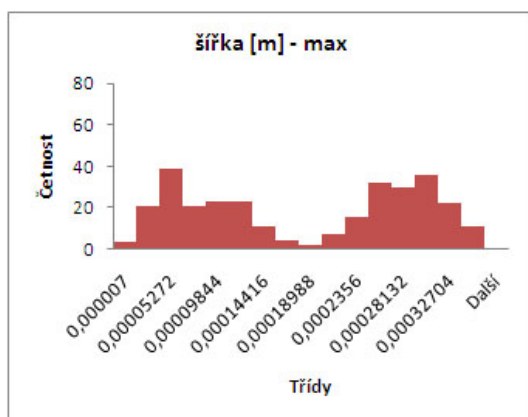
Aby bylo možné histogramy navzájem porovnávat, je zapotřebí určit u všech histogramů stejné rozdělení tříd, tedy šířky jednotlivých sloupců, a stejně tak i stupnici svislé osy pro vynášení četností.

Šířky jednotlivých tříd byly určovány tak, že se rozdíl maximální a minimální naměřené hodnoty podělil počtem tříd.

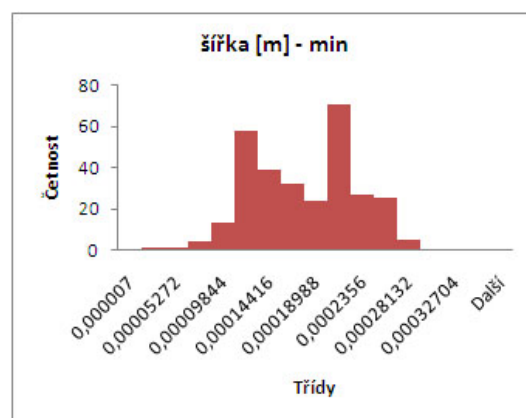
3.6.2 Aplikace navrhované metodiky pro vyhodnocení nerovnoměrnosti velikosti jednotlivých mezinitných pórů

Na ukázkou jsou zde uvedeny pouze histogramy pro dvě tkaniny. Ostatní histogramy jsou k nahlédnutí v příloze C.

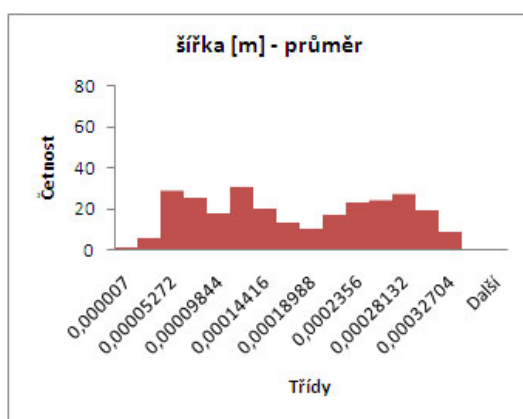
Tkanina 7



Obrázek 40a: Histogram **šířky** jednotlivých mezinitných pórů tkaniny 7 z místa, kde byla naměřená prodyšnost maximální.



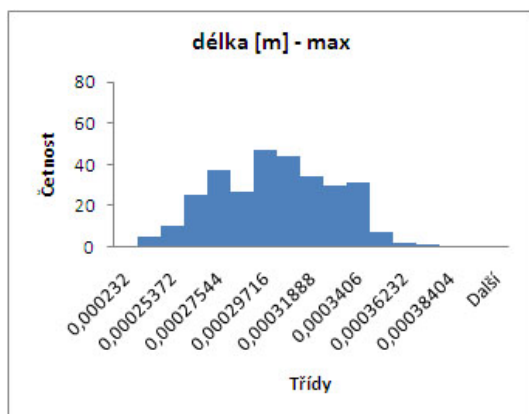
Obrázek 40b: Histogram **šířky** jednotlivých mezinitných pórů tkaniny 7 z místa, kde byla naměřená prodyšnost minimální.



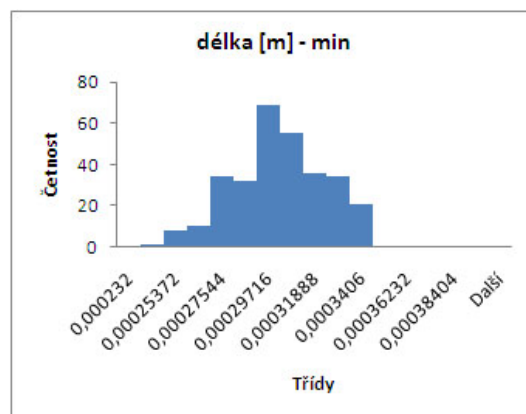
Obrázek 40c: Histogram **šířky** jednotlivých mezinitných pórů tkaniny 7 z místa, kde byla naměřená prodyšnost průměrná.

Šířky jednotlivých mezinitných pórů v místě s maximální zjištěnou prodyšností jsou buď „malé“, nebo „velké“, jak je vidět na obrázku 40a, kde „velké“ jsou zastoupeny v nepatrně větší míře. Tato skutečnost napomáhá dosažení vyšší prodyšnosti. V místě s minimální naměřenou prodyšností se vyskytují zejména „průměrně velké póry“ (viz obrázek 40b). „Velké“ ani „malé“ póry v tomto úseku nebyly naměřeny. Z tohoto důvodu zde byla naměřena právě prodyšnost minimální.

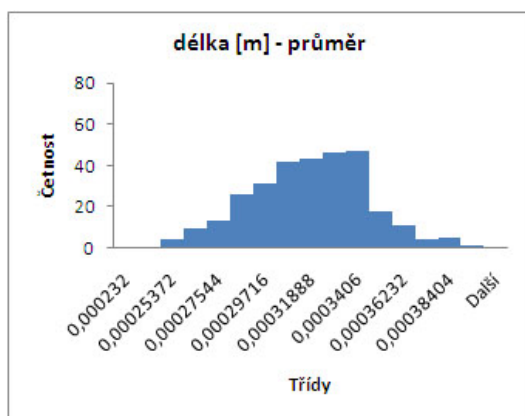
Po prozkoumání místa, kde byla naměřená prodyšnost tkaniny nejbližší průměrné hodnotě prodyšnosti tkaniny, byly zjištěny póry všech velikostí s poměrně stejným zastoupením (viz obrázek 40c). V porovnání s obrázkem 40a, který je charakteristický pro maximální prodyšnost, se zde vyskytuje menší množství pórů „velkých“, a proto zde není tak vysoká prodyšnost.



Obrázek 41a: Histogram **délky** jednotlivých mezinitných pórů tkaniny 7 z místa, kde byla naměřená prodyšnost maximální.

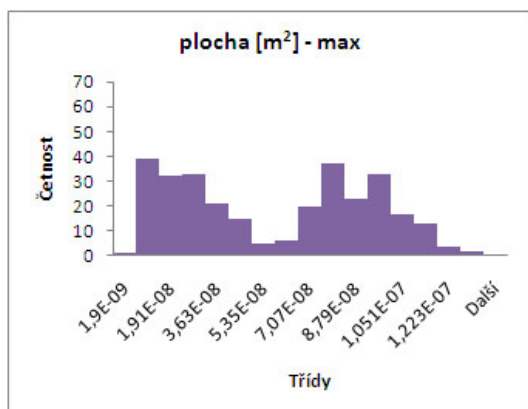


Obrázek 41b: Histogram **délky** jednotlivých mezinitných pórů tkaniny 7 z místa, kde byla naměřená prodyšnost minimální.

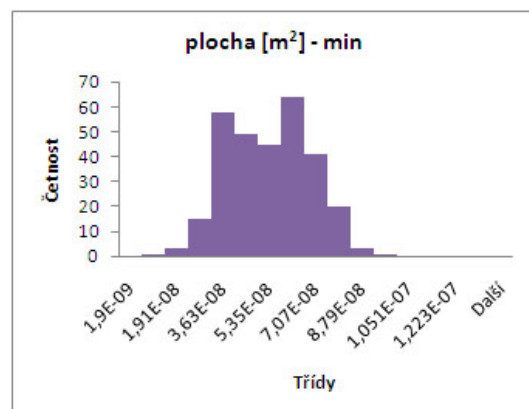


Obrázek 41c: Histogram **délky** jednotlivých mezinitných pórů tkaniny 7 z místa, kde byla naměřená prodyšnost průměrná.

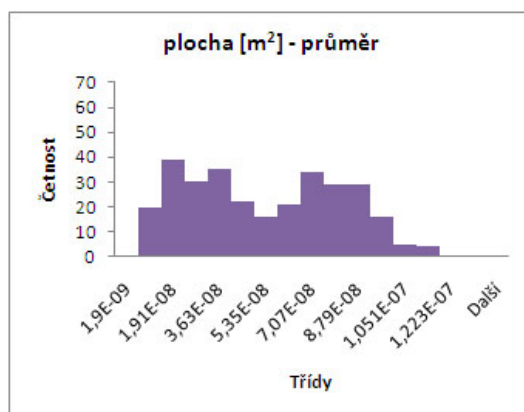
Hodnoty délek jednotlivých mezinitných pórů byly v každém zkoumaném místě téměř totožné (jak je možné pozorovat na obrázcích 41a, b, c), rozdíly zde nejsou nijak zvlášť zásadní. V místě s minimální prodyšností (viz obrázek 41b) lze pozorovat soustředění pórů „průměrných velikostí“, kdežto v místě s průměrnou prodyšností (41c) se vyskytují i póry „malé“ a „velké“ (stejně jako u obrázku 41a).



Obrázek 42a: Histogram **plochy** jednotlivých mezinitných pórů tkaniny 7 z místa, kde byla naměřená prodyšnost maximální.



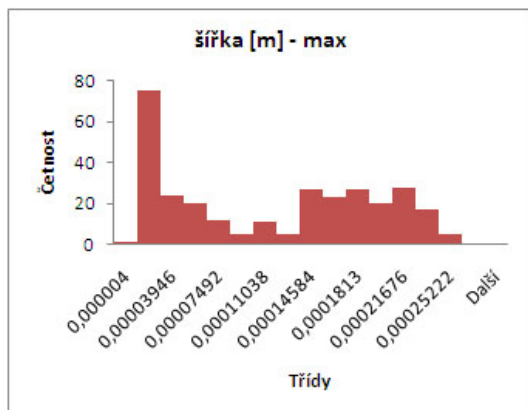
Obrázek 42b: Histogram **plochy** jednotlivých mezinitných pórů tkaniny 7 z místa, kde byla naměřená prodyšnost minimální.



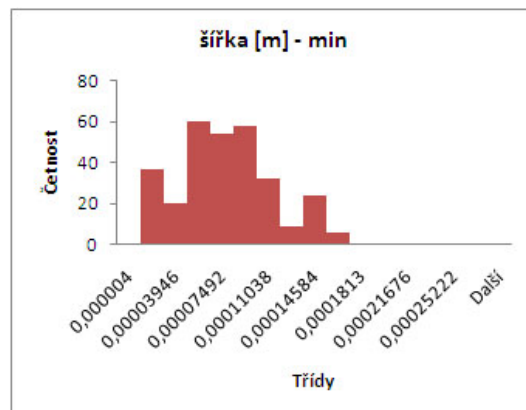
Obrázek 42c: Histogram **plochy** jednotlivých mezinitných pórů tkaniny 7 z místa, kde byla naměřená prodyšnost průměrná.

Plocha jednotlivých mezinitných pórů, znázorněná na obrázcích 42a, b, c má podobné charakteristiky jako již popsaná šířka jednotlivých pórů.

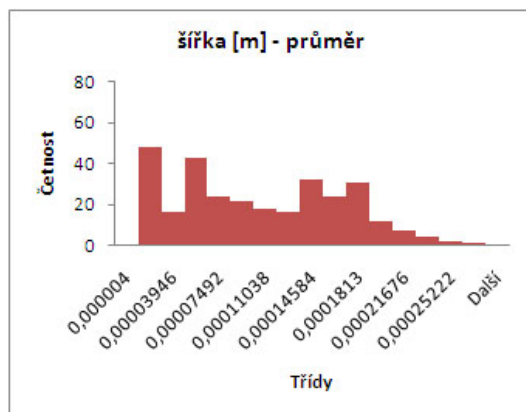
Tkanina 18



Obrázek 43a: Histogram šířky jednotlivých mezinitných pórů tkaniny 18 z místa, kde byla naměřená prodyšnost maximální.

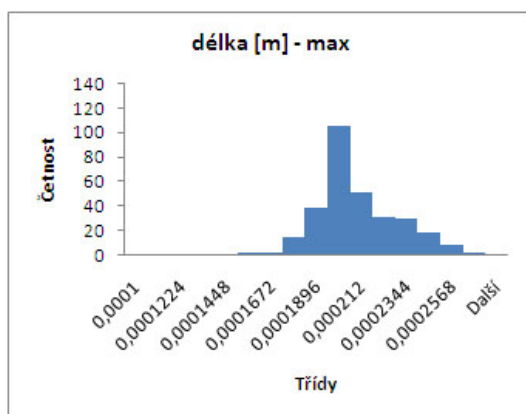


Obrázek 43b: Histogram šířky jednotlivých mezinitných pórů tkaniny 18 z místa, kde byla naměřená prodyšnost minimální.

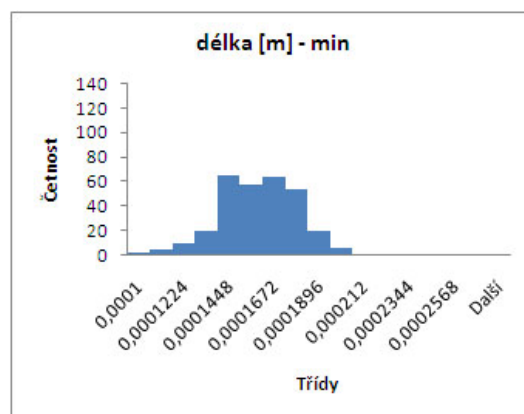


Obrázek 43c: Histogram šířky jednotlivých mezinitných pórů tkaniny 18 z místa, kde byla naměřená prodyšnost průměrná.

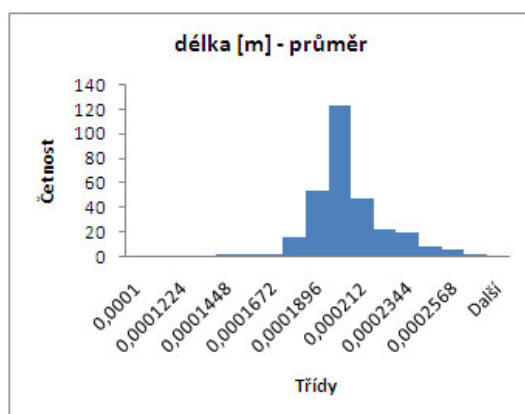
Na obrázku 43a lze pozorovat obsazení všech velikostí šířek jednotlivých mezinitných pórů. Tento histogram, který je charakteristický pro místo ve tkanině s maximální naměřenou prodyšností, obsahuje velké množství „malých“ pórů, ale v porovnání s obrázkem 43c, který zde zastupuje místo s průměrnou prodyšností, obsahuje také větší množství pórů „velkých“. Proto je zde naměřená prodyšnost maximální. V místě s minimální prodyšností se vyskytují pouze šířky „malých“ pórů a pórů „průměrných“. „Velké“ póry jsou zde vynechány, právě z tohoto důvodu zde byla naměřena prodyšnost minimální.



Obrázek 44a: Histogram **délky** jednotlivých mezinitných pórů tkaniny 18 z místa, kde byla naměřená prodyšnost maximální.

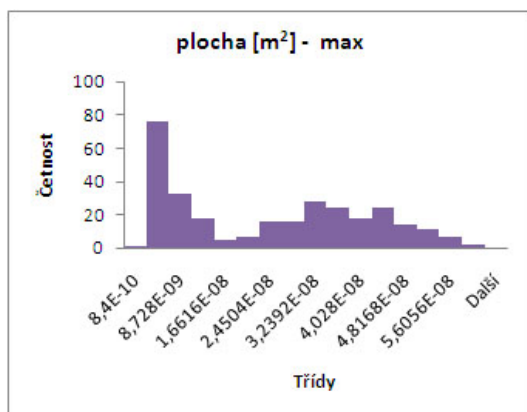


Obrázek 44b: Histogram **délky** jednotlivých mezinitných pórů tkaniny 18 z místa, kde byla naměřená prodyšnost minimální.

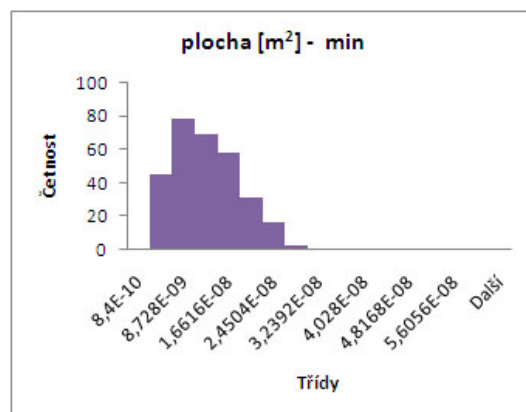


Obrázek 44c: Histogram **délky** jednotlivých mezinitných pórů tkaniny 18 z místa, kde byla naměřená prodyšnost průměrná.

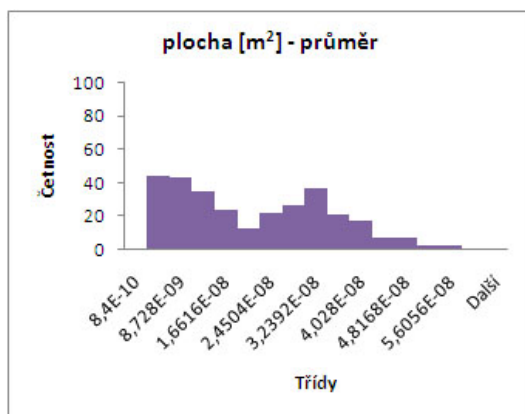
Délky jednotlivých mezinitných pórů v místě s maximální (viz obrázek 44a) a průměrnou (viz obrázek 44c) prodyšností jsou takřka srovnatelné. Ovšem v místě, kde byla naměřená prodyšnost nejmenší, se vyskytují póry „malé“, jak je možné pozorovat na obrázku 44b. „Velké“ póry v tomto případě nejsou vůbec zastoupeny. Je zde tedy patrný jistý vliv útku na prodyšnost tkaniny.



Obrázek 45a: Histogram **plochy** jednotlivých mezinitných pórů tkaniny 18 z místa, kde byla naměřená prodyšnost maximální.



Obrázek 45b: Histogram **plochy** jednotlivých mezinitných pórů tkaniny 18 z místa, kde byla naměřená prodyšnost minimální.



Obrázek 45c: Histogram **plochy** jednotlivých mezinitných pórů tkaniny 18 z místa, kde byla naměřená prodyšnost průměrná.

Plochy jednotlivých mezinitných pórů, které jsou zobrazeny na obrázcích 45a, b, c mají opět totožnou charakteristiku jako šířky jednotlivých mezinitných pórů.

3.7 Predikce prodyšnosti

3.7.1 Stanovení základních strukturních parametrů

Aby bylo možné získat predikované hodnoty prodyšnosti podle vztahů (18) a (19) uvedených v teoretické části, je nejprve nutné stanovit základní strukturní parametry. Jak již bylo zmíněno, těmito strukturními parametry jsou míněny jemnosti resp. průměry přízí použitých ve tkanině, a dostavy osnovy a útku. Z těchto základních strukturních parametrů je pak možné určit obecné charakteristiky jednotlivých mezinitných pórů.

Podle vzorců (16), a (17) uvedených v teoretické části lze stanovit obvod a průměr jednoho mezinitného póru. Jedná se ovšem pouze o teoretický výpočet těchto charakteristik. Jak je patrné i z předchozí kapitoly, ve skutečnosti mají jednotlivé póry rozdílné velikosti. Zde je předpoklad stejných velikostí pórů.

V níže uvedené tabulce 5 jsou k nahlédnutí vypočtené obvody a průměry pórů tkanin, dále průměrné hodnoty prodyšnosti stanovené experimentálně, ale také predikované hodnoty prodyšnosti stanovené teoreticky podle vztahů (18) a (19).

Tabulka 5: Základní strukturní parametry tkanin a hodnoty prodyšností získaných experimentálně i predikčně

Označení tkaniny	Průměr póru d_p [m]	Obvod póru O_l [m]	Experimentální prodyšnost [m/s]	Predikovaná prodyšnost (vztah (18))	Predikovaná prodyšnost (vztah (19))
1	0,0002938	0,00117539	1,81244898	0,679956824	1,51405376
2	0,0002264	0,000905697	1,838571429	1,106479972	1,769941846
3	0,0002562	0,001024612	2,021428571	1,352722118	1,573852985
4	0,0003234	0,001293456	1,669183673	0,811139522	1,211686031
5	0,0003416	0,001366333	1,584897959	0,225689884	0,958850521
6	0,0001978	0,000791372	1,391020408	1,245107385	1,427868845
7	0,0002417	0,000966727	1,322857143	0,949305772	1,078394583
8	0,00017	0,000680061	0,925346939	0,955160378	1,094815815
9	0,0002091	0,000836542	0,842326531	0,753344046	0,806586413
10	0,0002868	0,001147252	1,152857143	0,610864902	0,654385069
11	0,0002197	0,000878887	0,904571429	1,193433981	0,894997069
12	0,0002238	0,000895073	0,680510204	0,386074667	0,303921218
13	0,000141	0,000564187	0,489836735	0,873945405	0,444214575

14	0,0001855	0,000741927	0,485632653	0,857794364	0,294208447
15	0,0001418	0,000567207	0,265285714	0,509031682	0,244250897
16	0,0001942	0,000776948	0,383102041	0,465333984	0,13975702
17	0,0001431	0,00057245	0,402408163	0,855176575	0,13516131
18	0,0001604	0,000641742	0,229877551	0,26661152	-0,048143556

Výpočet vztahu (19) předpokládá stejnou jemnost osnovních a útkových nití. V případě rozdílných jemností osnovních T_o a útkových nití T_u je možné daný vztah upravit, a to následovně:

$$AP \approx \left[135637 \cdot \left(\frac{T_o + T_u}{2} \right)^{-0,866} \right] \cdot d_p - 0,94 \quad (27)$$

Tento vzorec byl použit pro predikci prodyšnosti u tkanin, které měly jinou jemnost osnovních nití a jinou jemnost útkových nití. Tyto tkaniny jsou v tabulce 5 a v tabulce 7 vyznačeny oranžovou barvou.

3.7.2 Porovnání hodnot experimentálně zjištěné prodyšnosti a prodyšnosti predikované

Aby byly rozdíly mezi hodnotami experimentální a predikované prodyšnosti lépe pozorovatelné, jsou porovnány v tabulkách 6 a 7. Rozdíly hodnot obou predikovaných prodyšností byly vztaženy k hodnotám experimentálně zjištěné prodyšnosti. Vzorec, podle kterého byly rozdíly definovány, má tedy tvar:

$$\frac{\text{predikovaná prodyšnost} - \text{experimentální prodyšnost}}{\text{experimentální prodyšnost}} \cdot 100 \quad (28)$$

Hodnota je násobena 100 z důvodu procentuálního vyjádření.

Tabulka 6: Porovnání hodnot prodyšnosti experimentálně naměřených a predikovaných podle vztahu (18)

Označení tkaniny	Experimentální prodyšnost [m/s]	Predikovaná prodyšnost (vztah (18))	Rozdíl [%]
1	1,81244898	0,679956824	-62,48
2	1,838571429	1,106479972	-39,82
3	2,021428571	1,352722118	-33,08
4	1,669183673	0,811139522	-51,41
5	1,584897959	0,225689884	-85,76
6	1,391020408	1,245107385	-10,49
7	1,322857143	0,949305772	-28,24
8	0,925346939	0,955160378	3,22
9	0,842326531	0,753344046	-10,56
10	1,152857143	0,610864902	-47,01
11	0,904571429	1,193433981	31,93
12	0,680510204	0,386074667	-43,27
13	0,489836735	0,873945405	78,42
14	0,485632653	0,857794364	76,63
15	0,265285714	0,509031682	91,88
16	0,383102041	0,465333984	21,46
17	0,402408163	0,855176575	112,51
18	0,229877551	0,26661152	15,98

Jak je možné pozorovat v tabulce 6, pro některé tkaniny je tento model vyhovující, ovšem pro většinu tkanin vycházejí hodnoty nepříznivě. Nejpřesnějšího odhadu bylo dosaženo u tkaniny 8, která má stejné jemnosti osnovních i útkových nití, a to 16,5 tex a plošné zakrytí 0,76. Nejvíce vzdálený odhad od reálné prodyšnosti byl zjištěn u tkaniny 17. Tato tkanina je utkána z osnovních nití s jemností 16,5 tex a útkových nití s jemností 40 tex, její hodnota plošného zakrytí je 0,86.

Tabulka 7: Porovnání hodnot prodyšnosti experimentálně naměřených a predikovaných podle vztahu (19)

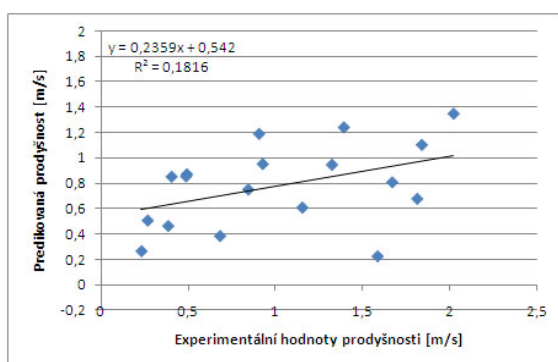
Označení tkaniny	Experimentální prodyšnost [m/s]	Predikovaná prodyšnost (vztah (19))	Rozdíl [%]
1	1,81244898	1,51405376	-16,46
2	1,838571429	1,769941846	-3,73
3	2,021428571	1,573852985	-22,14
4	1,669183673	1,211686031	-27,41
5	1,584897959	0,958850521	-39,50
6	1,391020408	1,427868845	2,65
7	1,322857143	1,078394583	-18,48
8	0,925346939	1,094815815	18,31
9	0,842326531	0,806586413	-4,24
10	1,152857143	0,654385069	-43,24
11	0,904571429	0,894997069	-1,06
12	0,680510204	0,303921218	-55,34
13	0,489836735	0,444214575	-9,31
14	0,485632653	0,294208447	-39,42
15	0,265285714	0,244250897	-7,93
16	0,383102041	0,13975702	-63,52
17	0,402408163	0,13516131	-66,41
18	0,229877551	-0,048143556	-120,94

Predikce prodyšnosti podle vztahu (19), (viz tabulka 7), stejně jako predikce podle vztahu (18) je pro některé tkaniny velmi vyhovující a pro některé méně. Nejpriznivější odhadované hodnoty bylo dosaženo u tkaniny 11. Tato tkanina je utkána z nití stejných jemností, a to 25 tex, a hodnota jejího plošného zakrytí je 0,78. Nejméně přesný odhad nastal u tkaniny 18, která je utkána z nití o jemnostech 40 tex a jejíž plošné zakrytí je 0,88.

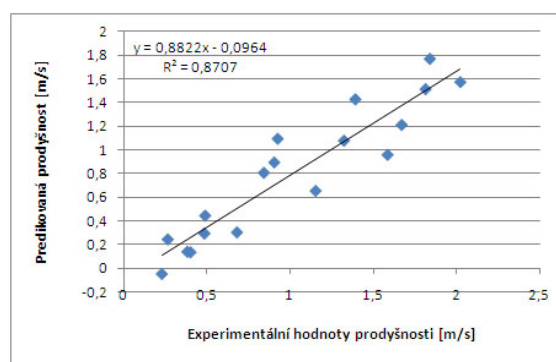
Barevně zvýrazněné tkaniny v tabulce 7 jsou tkaniny, které nemají stejné jemnosti nití v osnově a v útku, a jsou vypočítány podle vztahu (27).

Z tabulek 6 a 7 lze pozorovat, že vztah (19) se více blíží hodnotám reálné prodyšnosti. Pro lepší názornost však byl volen jiný způsob pro porovnání predikovaných a experimentálních hodnot prodyšnosti.

Další možností, jak lze vyjádřit vztah mezi experimentálně zjištěnými hodnotami prodyšnosti a hodnotami predikovaných prodyšností, je jejich vzájemná korelace. Na níže uvedeném obrázku 46 je znázorněna vzájemná korelace mezi hodnotami prodyšnosti, které byly odhadovány podle vztahu (18), a hodnotami prodyšnosti, které byly experimentálně změřeny. Obrázek 47 znázorňuje vzájemnou korelaci mezi hodnotami prodyšnosti definovanými vztahem (19) a hodnotami prodyšnosti experimentálně určenými.



Obrázek 46: Korelace mezi predikovanou prodyšností (vztah (18)) a prodyšností experimentální



Obrázek 47: Korelace mezi predikovanou prodyšností (vztah (19)) a prodyšností experimentální

Pomocí bodových grafů proložených lineární spojnici trendu lze bezpochyby určit, že vztah (19) mnohem lépe koreluje s experimentálně určenou prodyšností, než vztah (18).

3.7.3 Predikce prodyšnosti z velikosti jednotlivých pórů

Do vztahů (18) a (19) pro predikci prodyšnosti je možné dosadit obvod póru vypočtený z délky a šířky pórů (viz vztah (29)), a stejně tak i průměr póru (viz vztah (30)), který je možné chápat jako aritmetický průměr délky a šířky póru [6].

$$O_{1M} = 2 \cdot dp + 2 \cdot sp$$

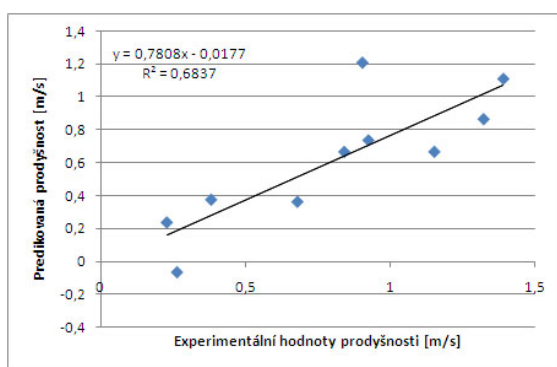
- O_{1M} [m] obvod póru
- dp [m] délka póru
- sp [m] šířka póru

(29)

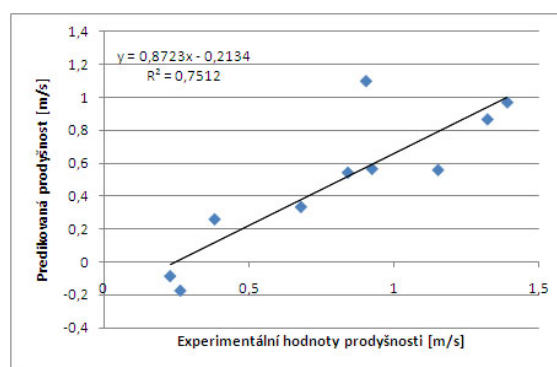
$$d_{p1M} = \frac{dp + sp}{2}$$

- d_{p1M} [m] průměr póru
 - dp [m] délka póru
 - sp [m] šířka póru
- (30)

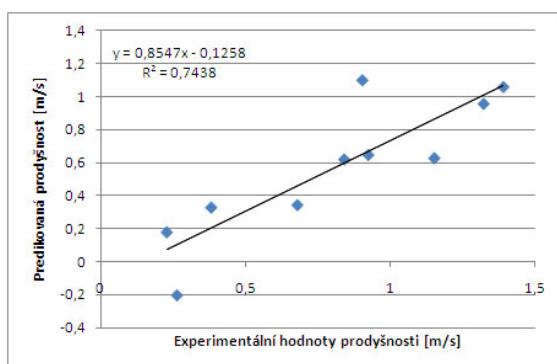
Pro deset tkanin, které byly zkoumány obrazovou analýzou, je možné určit predikci prodyšnosti s dosazením délky a šířky průměrného mezinitného póru. Charakteristiky, tedy průměr a obvod průměrného mezinitného póru, byly určeny vždy pro pór z místa tkaniny, kde byla naměřená prodyšnost maximální, minimální a průměrná. Dále byly ještě určeny charakteristiky pro pór, který odpovídal průměrnému póru tkaniny.



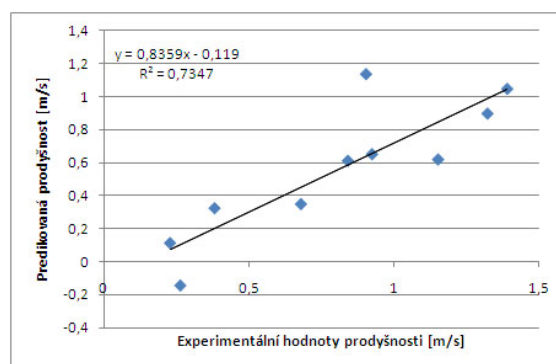
Obrázek 48: Korelace mezi predikovanou prodyšností odpovídající místu **maximální** naměřené prodyšnosti (vztah (18)) a prodyšností experimentální



Obrázek 49: Korelace mezi predikovanou prodyšností odpovídající místu **minimální** naměřené prodyšnosti (vztah (18)) a prodyšností experimentální



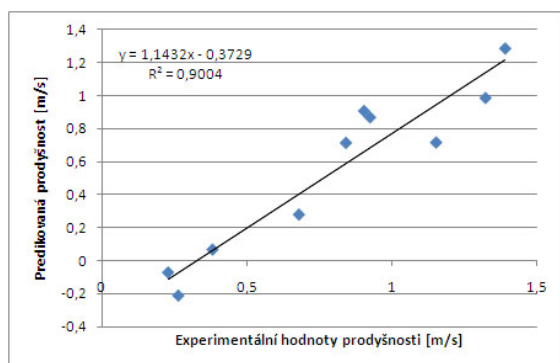
Obrázek 50: Korelace mezi predikovanou prodyšností z místa **průměrné** naměřené prodyšnosti (vztah (18)) a prodyšností experimentální



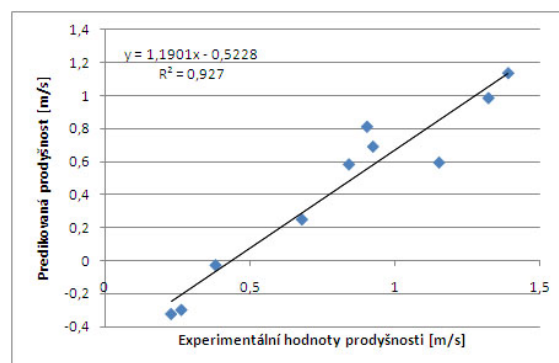
Obrázek 51: Korelace mezi predikovanou prodyšností odpovídající **průměrnému póru** tkaniny (vztah (18)) a prodyšností experimentální

Je možné pozorovat, že predikované prodyšnosti stanovené z charakteristik pórů (obrázky 48 – 51), lépe korelují s experimentální prodyšností oproti predikované prodyšnosti vypočítané z dostav osnov a průměrů nití (obrázek 46).

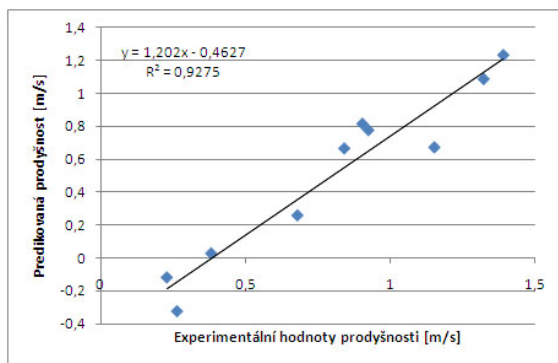
Nejllepší korelace odhadované prodyšnosti s experimentální prodyšností nastává v místě s nejmenší naměřenou prodyšností, jak je znázorněno na obrázku 49.



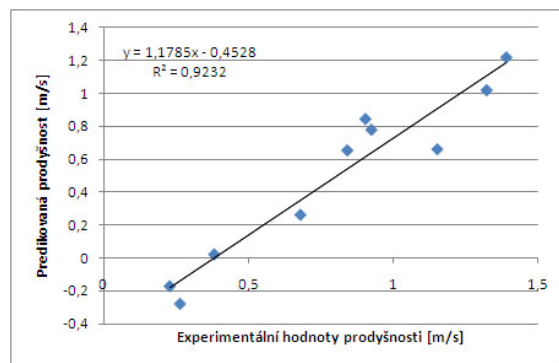
Obrázek 52: Korelace mezi predikovanou prodyšností odpovídající místu **maximální** naměřené prodyšnosti (vztah (19)) a prodyšností experimentální



Obrázek 53: Korelace mezi predikovanou prodyšností odpovídající místu **minimální** naměřené prodyšnosti (vztah (19)) a prodyšností experimentální



Obrázek 54: Korelace mezi predikovanou prodyšností odpovídající místu **průměrné** naměřené prodyšnosti (vztah (19)) a prodyšností experimentální



Obrázek 55: Korelace mezi predikovanou prodyšností odpovídající **průměrnému póru tkaniny** (vztah (19)) a prodyšností experimentální

Stejně jako u vztahu (18) také vztah (19) nabývá přesnějších hodnot po dosažení charakteristik pórů (obrázky 52 – 55). Nejlepší korelaci mezi predikovanou prodyšností a prodyšností experimentální lze pozorovat v místě tkaniny s naměřenou průměrnou prodyšností, jak je znázorněno na obrázku 54.

Je tedy zřejmé, že rozměrové charakteristiky jednotlivých mezinitných pórů mají zásadní vliv na prodyšnost tkaniny. Jak bylo výše uvedeno, oba vztahy pro predikci prodyšnosti mnohem lépe korelují s experimentální prodyšností. Z tohoto důvodu by tedy bylo prospěšné zohlednit nerovnoměrnosti velikosti jednotlivých mezinitných pórů v dalších predikčních vztazích.

4 Závěr

V této diplomové práci jsou v rešeršní části popsány základní charakteristiky textilních materiálů, tedy délkových a plošných textilií. Pozornost byla věnována zejména strukturním parametrům plošných textilií jako je vazba, dostava osnovních a útkových nití, plošné zakrytí a porosita. Tyto strukturní parametry mají významný vliv na prodyšnost tkaniny. Struktura tkaniny je sama o sobě velice složitá. Například plošné zakrytí tkaniny „jistý“ vliv na hodnotu její prodyšnosti bezesporu má, ale zároveň platí, že tkaniny, které mají stejné zakrytí, nemusí mít i stejnou hodnotu prodyšnosti. Tato situace byla prokázána v experimentu této práce např. u tkanin 9 a 10, které mají téměř stejné zakrytí a to 0,771 a 0,775. Tkanina 9 je utkána z přízí o jemnostech 25 tex a má prodyšnost 0,842 m/s, kdežto tkanina 10 utkaná z přízí o jemnostech 40 tex má prodyšnost 1,153 m/s. Dále byla v teoretické části práce popsána problematika vlivu distribuce velikosti jednotlivých mezinitných pórů na prodyšnost tkaniny, což, jak lze předpokládat souvisí, i s nerovnoměrností nití v dostavách tkanin (která byla také popsána v teoretické části).

V experimentální části byl hodnocen vztah mezi strukturou tkaniny a její prodyšností. Pro všechny tkaniny (18 tkanin) byly stanoveny dostavy osnovních a útkových nití, dále byly stanoveny experimentální hodnoty prodyšnosti na přístroji FX 3300. Zjišťování prodyšnosti neprobíhalo standardně po úhlopříčce tkaniny, ale zde byla aplikována metoda hodnocení rovnoměrnosti prodyšnosti, kterou lze lépe odhalit nerovnoměrnosti prodyšnosti, resp. také nerovnoměrnosti struktury tkaniny (viz kapitola 3.4). Na každé tkanině byla vytyčena síť bodů na sebe kolmých. Jednotlivé body byly vzdáleny 20 cm od kraje tkaniny a navzájem od sebe také 20 cm. V těchto bodech byla následně změřena prodyšnost (celkem 49 hodnot prodyšnosti pro každou tkaninu). Hodnoty prodyšnosti byly vyneseny do povrchových 3D grafů pro lepší názornost nerovnoměrnosti prodyšnosti. Pro podrobnější vyhodnocení byla aplikována analýza rozptylu, pomocí které byly určeny nerovnoměrnosti v dostavách osnovních a útkových nití. Rovnoměrnost ve směru osnovy, tedy vliv útku, byla akceptována téměř u 39 % proměřovaných tkanin. Rovnoměrnost ve směru útku, tedy vliv osnovy, byla zamítnuta ve všech případech. Předpoklad nulové interakce obou faktorů byl akceptován u 89 % zkoumaných tkanin. Z analýzy rozptylu tedy plyne, že největší nerovnoměrnost u zkoumaných tkanin nastává v dostavě osnovních nití. Z uvedeného

důvodu byl proveden další experiment, zaměřený na rozměrové charakteristiky jednotlivých mezinitných pórů.

Bylo vybráno 10 tkanin, na kterých byly pomocí obrazové analýzy zkoumány „šířky“, tedy vzdálenost dvou sousedních osnovních nití, a „délky“, tedy vzdálenost dvou sousedních útkových nití, jednotlivých pórů. Na všech deseti tkaninách byla nejprve určena místa, ve kterých byly velikosti pórů proměřovány. Jednalo se o místa ve tkanině, kde byla naměřená prodyšnost maximální, dále minimální a nakonec místo, které se hodnotou prodyšnosti co nejvíce blížilo průměrné prodyšnosti tkaniny. V každém zkoumaném místě bylo proměřeno 300 pórů. Poté byly naměřené hodnoty velikosti mezinitných pórů porovnávány s hodnotou prodyšnosti v dané oblasti.

Dalším úkolem práce bylo pokusit se navrhnout vhodnou metodiku pro vyhodnocení nerovnoměrnosti velikosti mezinitných pórů. Nejprve byly hodnoty velikostí pórů vynášeny do sloupcových grafů, ovšem z důvodu velkého počtu naměřených dat se tato metodika nezdála být vhodná. Další navrhovanou metodou bylo vynášení hodnot do histogramů. Třídy histogramů byly voleny ve stejné šíři a osy grafu měly stejnou stupnici pro možné porovnání. Šíře tříd byla volena tak, že se rozdíl maximální a minimální naměřené hodnoty podělil počtem tříd. Tato metodika se zdá být pro hodnocení nerovnoměrnosti velikosti mezinitných pórů vyhovující. Na první pohled jsou viditelné rozdíly mezi jednotlivými grafy, tyto rozdíly potvrzují předpoklady naznačené v příspěvcích [6], [21] o vlivu distribuce velikosti mezinitných pórů na prodyšnost tkaniny.

V poslední části předkládané práce byly ověřovány dva modely pro predikci prodyšnosti, které navrhla Havlová ve své práci [6]. Nejprve byly tyto modely aplikovány na všech 18 tkanin a následně porovnány s hodnotami experimentálně zjištěné prodyšnosti. V dalším kroku byly tyto modely použity na 10 tkanin, které byly zkoumány pomocí obrazové analýzy. Ovšem v tomto případě byly do modelů pro predikci prodyšnosti dosazeny naměřené „šířky“ a „délky“ jednotlivých mezinitných pórů. Opět byly hodnoty predikované prodyšnosti (z velikostí pórů) porovnány s hodnotami experimentální prodyšnosti. Výsledky ukázaly, že predikované hodnoty po dosazení velikostí pórů mnohem lépe korelovaly s experimentální prodyšností oproti původním modelům pro predikci prodyšnosti, které využívají základní strukturní parametry tkaniny.

Je třeba si uvědomit, že pro experiment byly použity experimentální tkaniny v reálném, tedy neupraveném stavu, které nereprezentují (z hlediska distribuce velikosti

jednotlivých mezinitných pórů) tkaniny reálné. Pro vypracování metodiky hodnocení vlivu nestejnoměrnosti rozměrových charakteristik mezinitných pórů na prodyšnost tkaniny se však právě tento soubor tkanin jevil jako vhodný (vliv je výrazný). Pro reálné tkaniny se jako velmi vhodná jeví jednoduchá metodika proměření prodyšnosti v síti bodů rozmístěných v ploše tkaniny a vynesení hodnot do 3D grafů. Pomocí této metodiky lze snadno, rychle a hlavně nedestruktivně detekovat nerovnoměrnosti resp. některé vady tkaniny, což napomáhá k hodnocení její jakosti.

Poděkování

Tato diplomová práce vznikla za podpory grantu GAČR č. 106/09/1916.

Literatura

- [1] Ursíny, P.: Předání 1, TU v Liberci, 2001.
- [2] Křemenáková, D.: Interní norma č. 12-108-01/01: Geometrické vlastnosti staplových přízí, Výzkumné centrum Textil, TU v Liberci, 2002.
- [3] Neckář, B.: Příze. Tvorba, struktura, vlastnosti, SNTL Praha, 1990.
- [4] Havrdová, M.: Příspěvek k hodnocení prodyšnosti oděvních tkanin. Disertační práce, TU v Liberci, 2004.
- [5] Kovář, R.: Struktura a vlastnosti plošných textilií, TU v Liberci, 2002.
- [6] Havlová, M.: Hodnocení prodyšnosti směsových tkanin s plátňovou vazbou. Výzkumná zpráva pro VCT II. za rok 2010
- [7] ČSN EN ISO 9237. Zjišťování prodyšnosti plošných textilií, 1996.
- [8] Koukolová, J.: Katalog běžných defektů tkanin. Bakalářská práce, TU v Liberci, 2009.
- [9] ČSN 80 00 16. Názvy a definice vzhledových vad, 1987.
- [10] ČSN 80 00 25. Názvosloví vad tkanin, 1975.
- [11] Fukač, F.: Technologie tkalcovství. Výroba tkanin pro 3. ročník SOU, SNTL Praha, 1984.
- [12] Bednář, V., Svatoš, S.: Vazby a rozborů tkanin I. Pro 3. ročník SPŠ textilních, SNTL Praha, 1989.
- [13] Šindelková, L.: Hodnocení vztahu mezi prodyšností a strukturou tkaniny, Diplomová práce, TU v Liberci, 2007.
- [14] Militký, J., Havrdová, M.: Porosity and permeability of composite clean room textiles, 3rd International conference: Innovation and modeling of clothing engineering process, TU v Liberci, 2000.
- [15] Meloun, M., Militký, J.: Statistické zpracování experimentálních dat. PLUS spol. s.r.o. Praha, 1994.
- [16] KUPKA, K.: Statistické řízení jakosti: interaktivní analýza a interpretace dat pro řízení jakosti a ekonomiku. TriloByte, Pardubice 1997.
- [17] NENADÁL, J.: Moderní management jakosti: principy, postupy, metody. Management Press, Praha 2008.
- [18] Čapková, L.: Hodnocení prodyšnosti bavlnářských tkanin s plátňovou vazbou, Diplomová práce, TU v Liberci, 2010.

- [19] Dvořák, J.: Tkací proces a stroj. TU v Liberci, 2006.
- [20] Neckář, B., Voborová, J.: Část 2. Metoda měření a vyhodnocování chlupatosti. 7. Národní konference Strutex. TU v Liberci, 2000.
- [21] Havlová, M., Čapková, L.: Evaluation of permeability of fabrics with plain weave. Liberec, STRUTEX 2010.
- [22] ČSN EN ISO 9237. Zjišťování prodyšnosti plošných textilií, 1996.
- [23] Staněk, J.: Nauka o textilních materiálech, díl 1., část 4., Vlastnosti délkových a plošných textilií, VŠST Liberec, 1988.
- [24] Nosek, S.: Struktura a geometrie tkanin, Výzkumný ústav bavlnářský, Ústí nad Orlicí, 1974.
- [25] Wonnacott, T. H., Wonnacott, R. J.: Statistika pro obchod a hospodářství, Victoria publishong, Praha, 1996.
- [26] Hruša, I., Moravec, V.: Technologie 1, část 2., Technologie přípravy a tkaní, vazby listových tkanin, VŠST Liberec, 1985.
- [27] Mrázková, P.: paropropustnost a prodyšnost polopropustných materiálů typu windstopper, Bakalářská práce, TU v Liberci, 2009.
- [28] Šustrová, A.: Predikce prodyšnosti bavlnářských tkanin, bakalářská práce, Tu v Liberci, 2010.

Zdroje obrázků

- [2] Křemenáková, D.: Interní norma č. 12-108-01/01: Geometrické vlastnosti staplových přízí, Výzkumné centrum Textil, TU v Liberci, 2002.
- [3] Neckář, B.: Příze. Tvorba, struktura, vlastnosti, SNTL Praha, 1990.
- [5] Kovář, R.: Struktura a vlastnosti plošných textilií, TU v Liberci, 2002.
- [6] Havlová, M.: Hodnocení prodyšnosti směsových tkanin s plátňovou vazbou. Výzkumná zpráva pro VCT II. za rok 2010
- [8] Koukolová, J.: Katalog běžných defektů tkanin. Bakalářská práce, TU v Liberci, 2009.
- [13] Šindelková, L.: Hodnocení vztahu mezi prodyšností a strukturou tkaniny, Diplomová práce, TU v Liberci, 2007.
- [29] Vlastní obrázky

Příloha A

Tabulky a grafy experimentálních tkanin.

Tabulka 1: Naměřené hodnoty prodyšnosti [mm/s]
Podmínky měření: 20 cm² upínací plocha a 100 Pa tlakový spád

Tkanina 1							
	a	b	c	d	e	f	g
1	1680	1810	1980	1930	1890	1770	1670
2	1720	1720	1900	1880	1840	1840	1730
3	1710	1790	1910	1860	1850	1780	1690
4	1690	1760	1930	1860	1860	1750	1630
5	1700	1840	1990	1960	1880	1720	1620
6	1700	1840	2000	1950	1890	1740	1630
7	1850	1860	1970	1880	1850	1810	1700

Tabulka 2: Naměřené hodnoty prodyšnosti [mm/s]
Podmínky měření: 20 cm² upínací plocha a 100 Pa tlakový spád

Tkanina 2							
	a	b	c	d	e	f	g
1	1760	1930	1970	1920	1970	1940	1770
2	1750	1820	1860	1850	1930	1850	1700
3	1800	1740	1860	1880	1890	1860	1720
4	1770	1830	1860	1930	1960	1860	1750
5	1750	1820	1870	1910	1950	1920	1700
6	1740	1730	1810	1900	1910	1850	1710
7	1720	1800	1830	1930	1930	1830	1750

Tabulka 3: Naměřené hodnoty prodyšnosti [mm/s]
Podmínky měření: 20 cm² upínací plocha a 100 Pa tlakový spád

Tkanina 3							
	a	b	c	d	e	f	g
1	1900	1980	2030	2060	2110	2050	1980
2	1980	1980	2040	2070	2190	2040	1910
3	2010	1990	2030	2140	2120	2120	1980
4	1980	1980	2060	2090	2190	2010	1970
5	1950	2000	2060	2100	2160	2030	1890
6	1920	1860	2040	2020	2180	1990	1910
7	1940	1880	2070	2030	2090	2030	1910

Tabulka 4: Naměřené hodnoty prodyšnosti [mm/s]
Podmínky měření: 20 cm² upínací plocha a 100 Pa tlakový spád

Tkanina 4							
	a	b	c	d	e	f	g
1	1530	1620	1770	1830	1810	1640	1560
2	1520	1620	1730	1760	1840	1710	1560
3	1510	1670	1760	1740	1830	1650	1570
4	1520	1590	1680	1730	1860	1690	1520
5	1560	1580	1760	1800	1810	1660	1540
6	1480	1570	1720	1780	1810	1640	1560
7	1560	1600	1780	1730	1800	1670	1560

Tabulka 5: Naměřené hodnoty prodyšnosti [mm/s]
Podmínky měření: 20 cm² upínací plocha a 100 Pa tlakový spád

Tkanina 5							
	a	b	c	d	e	f	g
1	1520	1570	1620	1610	1620	1540	1440
2	1440	1580	1610	1560	1620	1590	1490
3	1540	1580	1680	1640	1630	1590	1520
4	1610	1610	1660	1650	1680	1560	1450
5	1510	1600	1640	1620	1640	1590	1510
6	1560	1580	1670	1580	1600	1590	1510
7	1540	1650	1700	1540	1680	1630	1510

Tabulka 6: Naměřené hodnoty prodyšnosti [mm/s]
Podmínky měření: 20 cm² upínací plocha a 100 Pa tlakový spád

Tkanina 6							
	a	b	c	d	e	f	g
1	1310	1390	1460	1470	1450	1350	1260
2	1310	1360	1440	1440	1460	1320	1250
3	1340	1350	1490	1520	1510	1430	1200
4	1330	1360	1480	1460	1460	1400	1260
5	1330	1370	1500	1450	1460	1400	1270
6	1290	1350	1460	1480	1450	1390	1230
7	1300	1440	1490	1500	1440	1430	1270

Tabulka 7: Naměřené hodnoty prodyšnosti [mm/s]
Podmínky měření: 20 cm² upínací plocha a 100 Pa tlakový spád

Tkanina 7							
	a	b	c	d	e	f	g
1	1130	1280	1340	1380	1460	1360	1170
2	1170	1250	1350	1430	1450	1390	1130
3	1220	1300	1400	1420	1440	1360	1160
4	1180	1280	1430	1390	1430	1360	1190
5	1210	1240	1400	1460	1470	1340	1150
6	1210	1270	1420	1460	1470	1390	1190
7	1190	1270	1450	1430	1430	1330	1190

Tabulka 8: Naměřené hodnoty prodyšnosti [mm/s]
Podmínky měření: 20 cm² upínací plocha a 100 Pa tlakový spád

Tkanina 8							
	a	b	c	d	e	f	g
1	890	947	1030	1030	1030	961	790
2	843	917	988	996	951	946	749
3	847	898	988	1030	1010	949	787
4	814	918	988	1020	980	933	825
5	822	860	976	993	1010	895	784
6	837	919	1000	997	983	895	784
7	840	919	986	1060	1040	891	796

Tabulka 9: Naměřené hodnoty prodyšnosti [mm/s]
Podmínky měření: 20 cm² upínací plocha a 100 Pa tlakový spád

Tkanina 9							
	a	b	c	d	e	f	g
1	634	845	950	949	879	828	715
2	677	840	881	912	890	800	690
3	680	853	954	948	930	830	695
4	727	871	921	961	918	878	708
5	704	851	903	963	960	853	745
6	698	856	946	972	927	822	729
7	684	837	955	985	912	881	727

Tabulka 10: Naměřené hodnoty prodyšnosti [mm/s]
Podmínky měření: 20 cm² upínací plocha a 100 Pa tlakový spád

Tkanina 10							
	a	b	c	d	e	f	g
1	1040	1150	1210	1100	1120	1150	1080
2	1050	1140	1210	1160	1230	1100	1090
3	1070	1180	1230	1210	1200	1160	1080
4	1100	1150	1230	1190	1170	1150	1090
5	1100	1170	1260	1190	1230	1170	1130
6	1060	1170	1230	1180	1190	1200	1060
7	1100	1170	1220	1160	1190	1150	1120

Tabulka 11: Naměřené hodnoty prodyšnosti [mm/s]
Podmínky měření: 20 cm² upínací plocha a 100 Pa tlakový spád

Tkanina 11							
	a	b	c	d	e	f	g
1	773	837	937	1070	973	897	793
2	772	877	946	1040	990	915	806
3	787	862	980	1040	1020	924	819
4	761	859	935	1030	987	874	776
5	778	849	973	1070	980	907	798
6	780	909	961	1030	1020	904	764
7	810	855	968	1060	1020	848	760

Tabulka 12: Naměřené hodnoty prodyšnosti [mm/s]
Podmínky měření: 20 cm² upínací plocha a 100 Pa tlakový spád

Tkanina 12							
	a	b	c	d	e	f	g
1	597	678	730	736	747	700	627
2	629	674	660	697	727	683	602
3	608	673	746	770	743	679	609
4	630	667	750	709	721	690	636
5	596	675	711	725	737	691	569
6	626	666	750	742	730	702	590
7	607	667	693	734	727	673	616

Tabulka 13: Naměřené hodnoty prodyšnosti [mm/s]
Podmínky měření: 20 cm² upínací plocha a 100 Pa tlakový spád

Tkanina 13							
	a	b	c	d	e	f	g
1	386	529	590	576	547	456	375
2	386	506	555	573	559	469	388
3	392	487	560	554	534	494	384
4	376	510	567	545	570	487	385
5	367	522	554	540	543	462	355
6	406	491	598	567	544	495	370
7	382	512	581	541	552	487	393

Tabulka 14: Naměřené hodnoty prodyšnosti [mm/s]
Podmínky měření: 20 cm² upínací plocha a 100 Pa tlakový spád

Tkanina 14							
	a	b	c	d	e	f	g
1	430	491	515	553	517	445	402
2	457	489	532	566	509	462	400
3	437	518	548	574	501	449	409
4	418	488	541	583	542	473	408
5	422	485	552	572	488	412	416
6	443	503	532	558	509	447	411
7	437	475	539	580	528	426	404

Tabulka 15: Naměřené hodnoty prodyšnosti [mm/s]
Podmínky měření: 20 cm² upínací plocha a 100 Pa tlakový spád

Tkanina 15							
	a	b	c	d	e	f	g
1	196	243	323	311	294	227	199
2	201	267	306	315	297	227	207
3	209	275	309	351	319	234	216
4	204	270	313	322	293	231	205
5	216	275	319	317	297	243	221
6	202	273	311	298	290	260	221
7	204	268	310	318	316	244	232

Tabulka 16: Naměřené hodnoty prodyšnosti [mm/s]
Podmínky měření: 20 cm² upínací plocha a 100 Pa tlakový spád

Tkanina 16							
	a	b	c	d	e	f	g
1	318	365	424	443	419	374	331
2	321	354	438	447	419	386	353
3	318	344	406	435	405	384	325
4	328	352	416	427	402	378	338
5	310	341	397	424	416	382	332
6	316	388	440	429	444	406	360
7	325	372	427	433	414	397	369

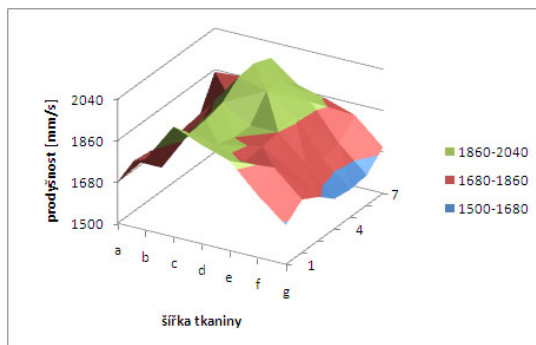
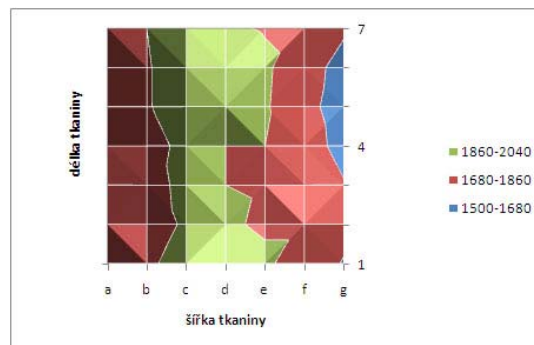
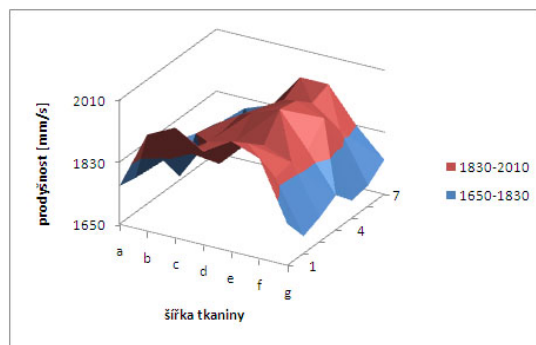
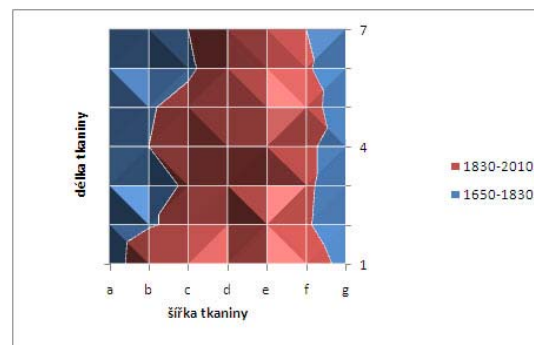
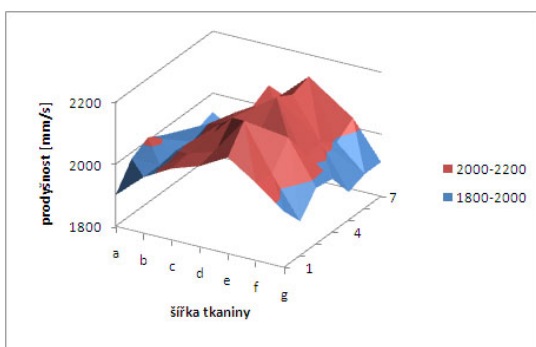
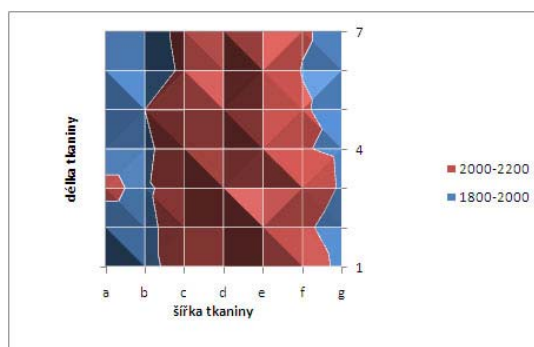
Tabulka 17: Naměřené hodnoty prodyšnosti [mm/s]
Podmínky měření: 20 cm² upínací plocha a 100 Pa tlakový spád

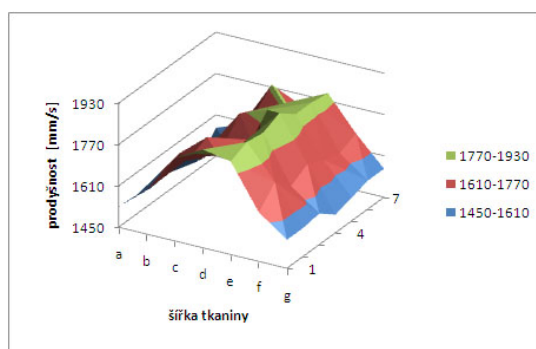
Tkanina 17							
	a	b	c	d	e	f	g
1	315	384	428	420	418	366	314
2	317	393	458	405	408	354	302
3	320	366	443	399	414	362	302
4	311	411	440	412	406	390	299
5	378	481	527	487	501	446	368
6	352	441	490	456	476	410	354
7	348	432	506	470	480	398	360

Tabulka 18: Naměřené hodnoty prodyšnosti [mm/s]
Podmínky měření: 20 cm² upínací plocha a 100 Pa tlakový spád

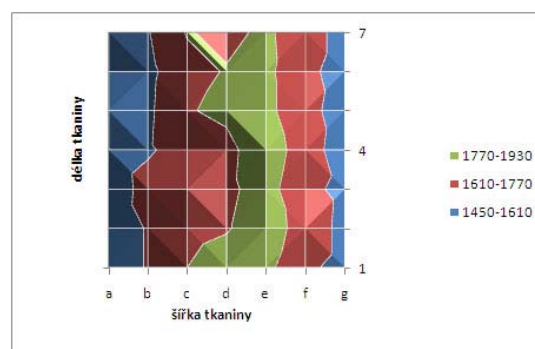
Tkanina 18							
	a	b	c	d	e	f	g
1	192	243	271	283	250	213	160
2	205	243	272	305	250	234	165
3	186	235	256	279	243	214	167
4	192	242	266	272	254	222	172
5	190	232	249	268	259	221	171
6	191	235	274	273	275	224	160
7	188	237	248	255	252	212	164

Grafy tkanin

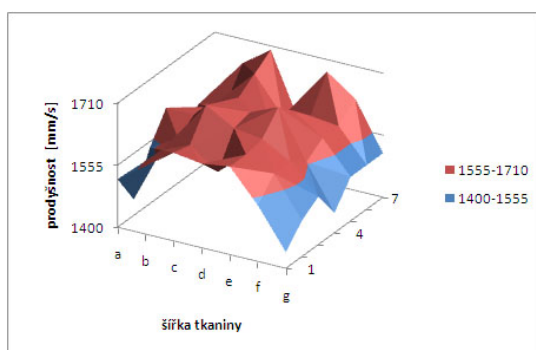
Obrázek 1a: Povrchový 3D graf – boční pohled pro **tkaninu 1**Obrázek 1b: Povrchový graf – pohled shora pro **tkaninu 1**Obrázek 2a: Povrchový 3D graf – boční pohled pro **tkaninu 2**Obrázek 2b: Povrchový graf – pohled shora pro **tkaninu 2**Obrázek 3a: Povrchový 3D graf – boční pohled pro **tkaninu 3**Obrázek 3b: Povrchový graf – pohled shora pro **tkaninu 3**



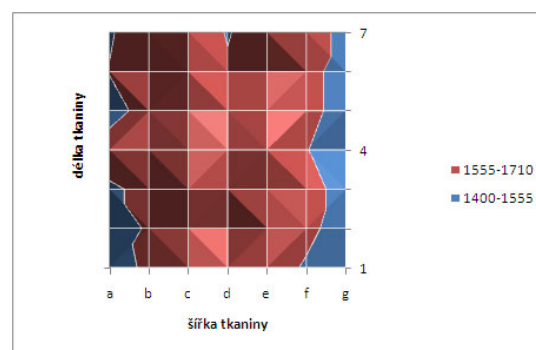
Obrázek 4a: Povrchový 3D graf – boční pohled pro **tkaninu 4**



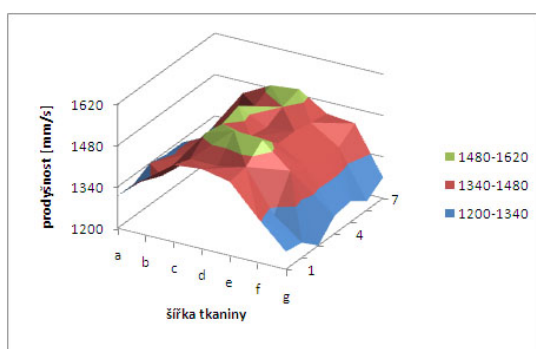
Obrázek 4b: Povrchový graf – pohled shora pro **tkaninu 4**



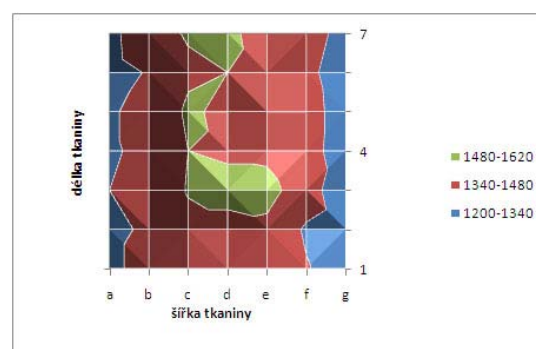
Obrázek 5a: Povrchový 3D graf – boční pohled pro **tkaninu 5**



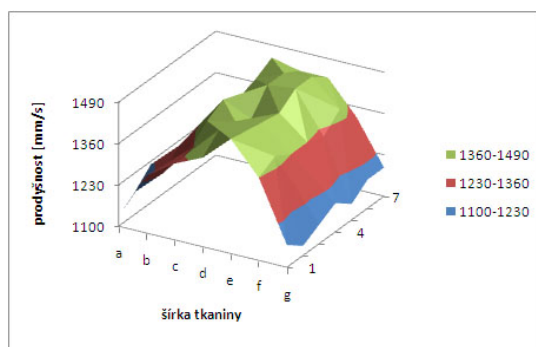
Obrázek 5b: Povrchový graf – pohled shora pro **tkaninu 5**



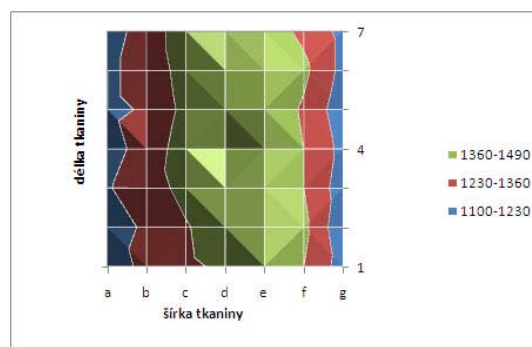
Obrázek 6a: Povrchový 3D graf – boční pohled pro **tkaninu 6**



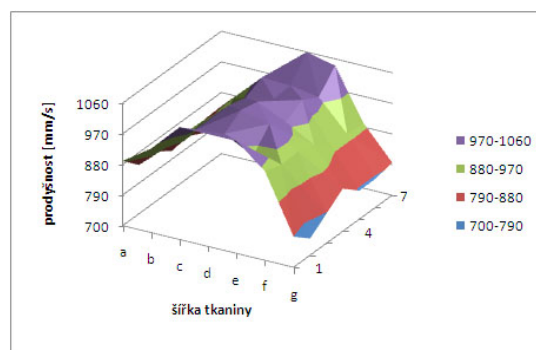
Obrázek 6b: Povrchový graf – pohled shora pro **tkaninu 6**



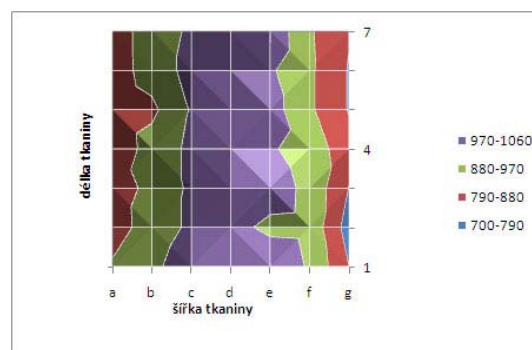
Obrázek 7a: Povrchový 3D graf – boční pohled pro tkaninu 7



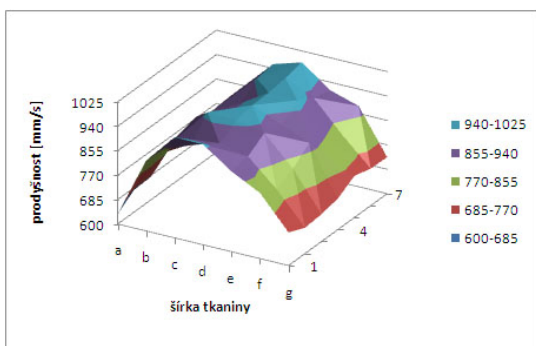
Obrázek 7b: Povrchový graf – pohled shora pro tkaninu 7



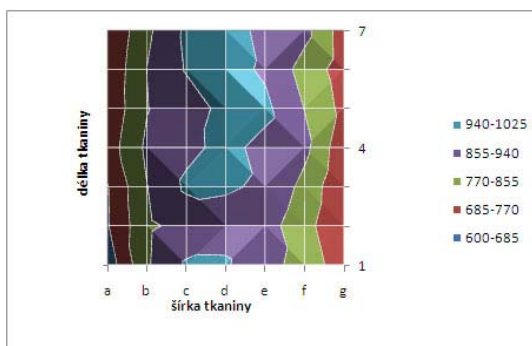
Obrázek 8a: Povrchový 3D graf – boční pohled pro tkaninu 8



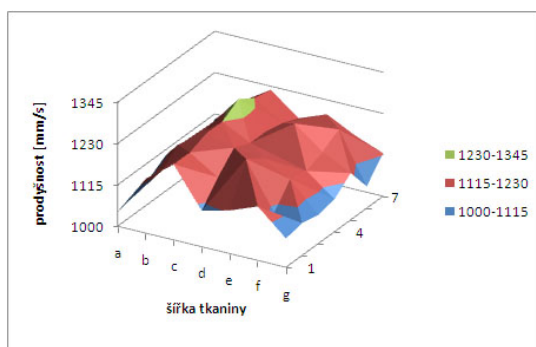
Obrázek 8b: Povrchový graf – pohled shora pro tkaninu 8



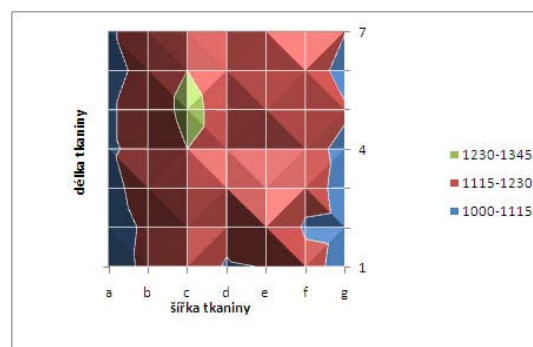
Obrázek 9a: Povrchový 3D graf – boční pohled pro tkaninu 9



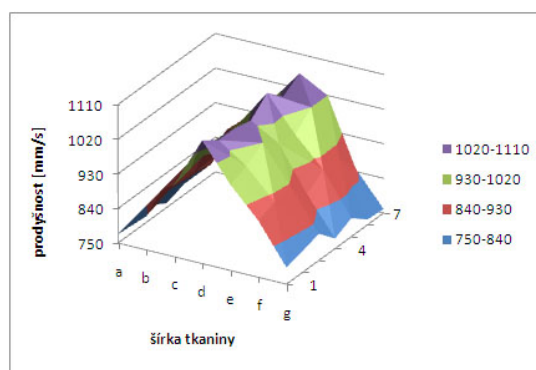
Obrázek 9b: Povrchový graf – pohled shora pro tkaninu 9



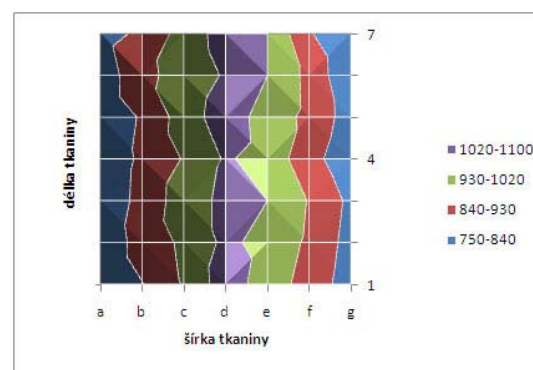
Obrázek 10a: Povrchový 3D graf – boční pohled pro **tkaninu 10**



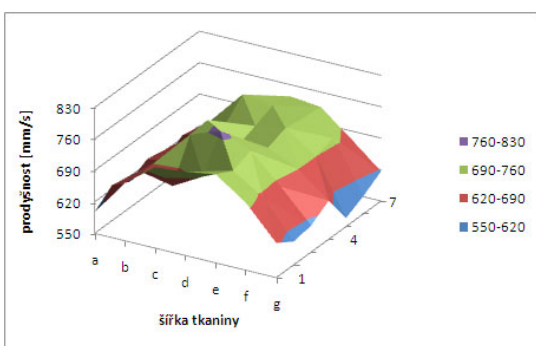
Obrázek 10b: Povrchový graf – pohled shora pro **tkaninu 10**



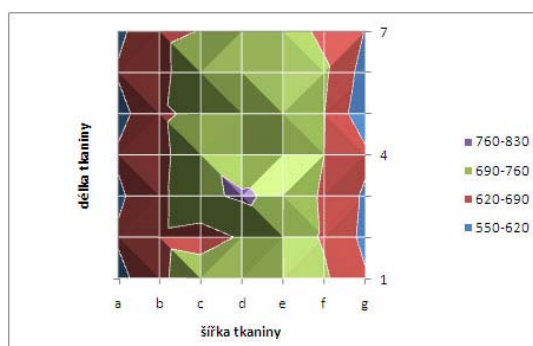
Obrázek 11a: Povrchový 3D graf – boční pohled pro **tkaninu 11**



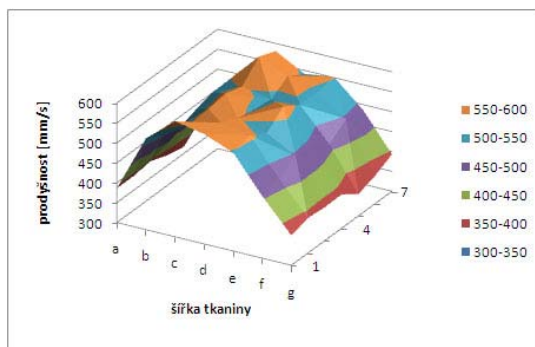
Obrázek 11b: Povrchový graf – pohled shora pro **tkaninu 11**



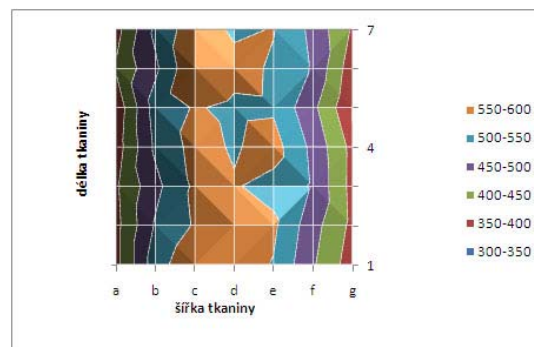
Obrázek 12a: Povrchový 3D graf – boční pohled pro **tkaninu 12**



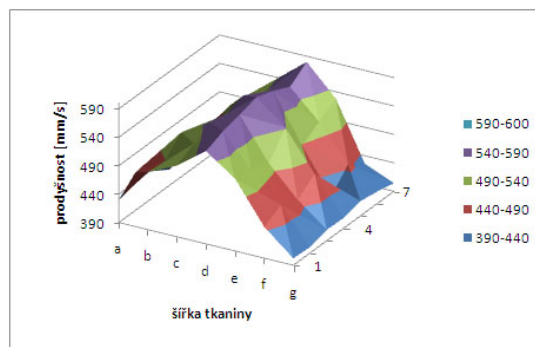
Obrázek 12b: Povrchový graf – pohled shora pro **tkaninu 12**



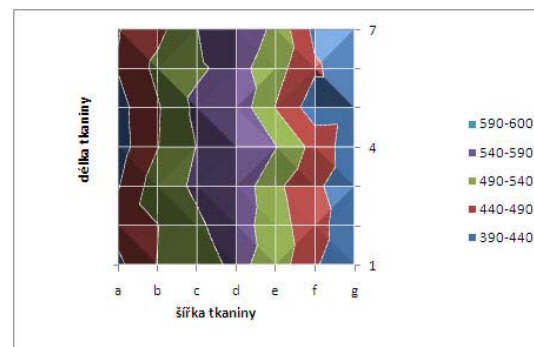
Obrázek 13a: Povrchový 3D graf – boční pohled pro **tkaninu 13**



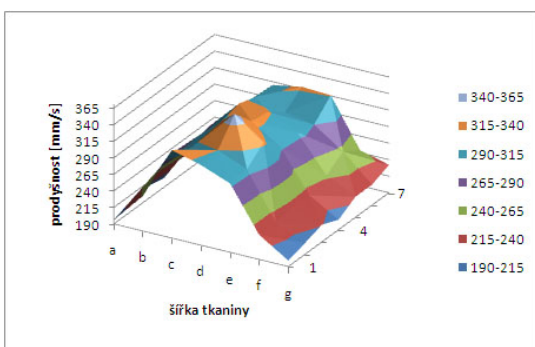
Obrázek 13b: Povrchový graf – pohled shora pro **tkaninu 13**



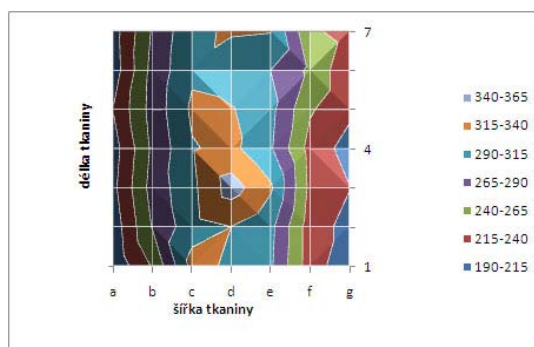
Obrázek 14a: Povrchový 3D graf – boční pohled pro **tkaninu 14**



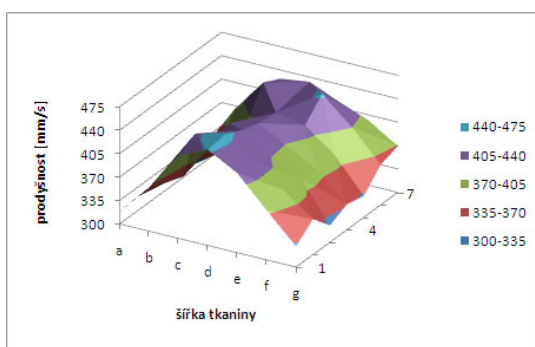
Obrázek 14b: Povrchový graf – pohled shora pro **tkaninu 14**



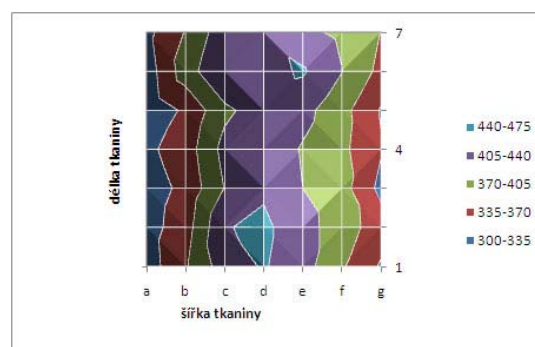
Obrázek 15a: Povrchový 3D graf – boční pohled pro **tkaninu 15**



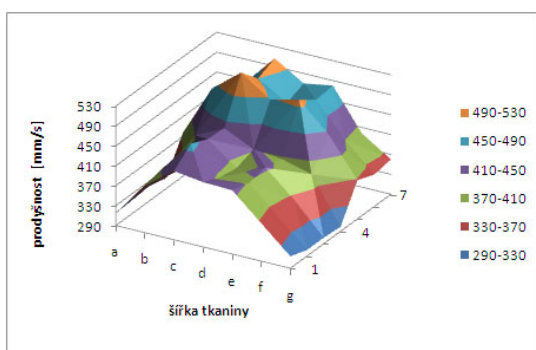
Obrázek 15b: Povrchový graf – pohled shora pro **tkaninu 15**



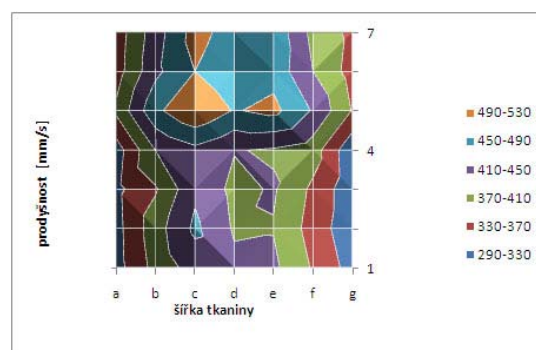
Obrázek 16a: Povrchový 3D graf – boční pohled pro tkaninu 16



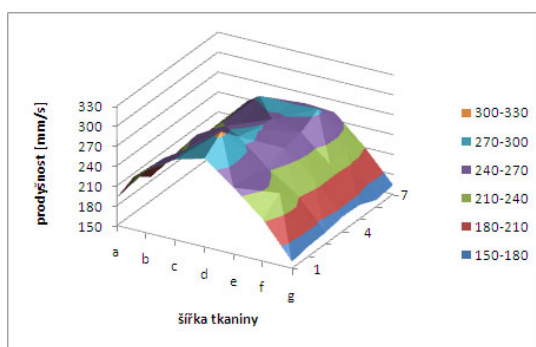
Obrázek 16b: Povrchový graf – pohled shora pro tkaninu 16



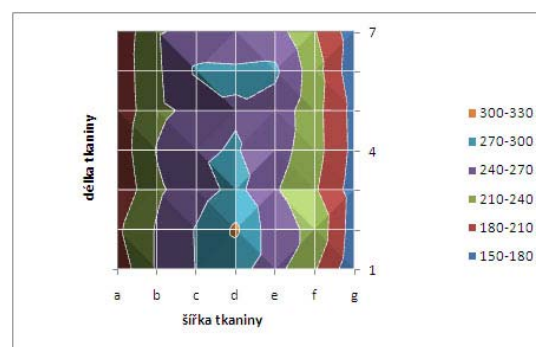
Obrázek 17a: Povrchový 3D graf – boční pohled pro tkaninu 17



Obrázek 17b: Povrchový graf – pohled shora pro tkaninu 17



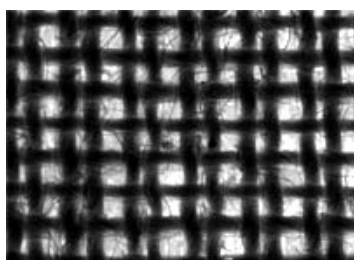
Obrázek 18a: Povrchový 3D graf – boční pohled pro tkaninu 18



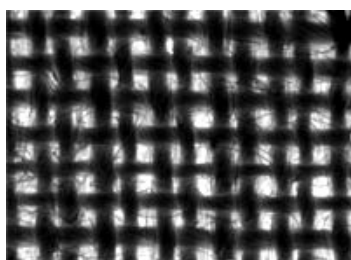
Obrázek 18b: Povrchový graf – pohled shora pro tkaninu 18

Příloha B

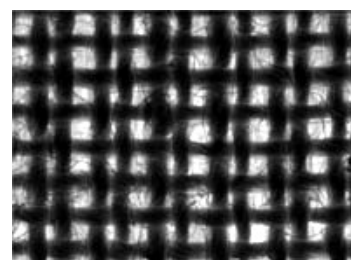
Nasnímané obrazy experimentálních tkanin.



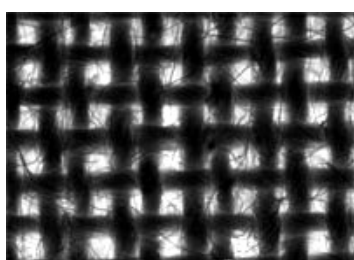
Obrázek 1a: Nasnímaný obraz
tkaniny 6 z místa, kde byla
naměřená prodyšnost
maximální.



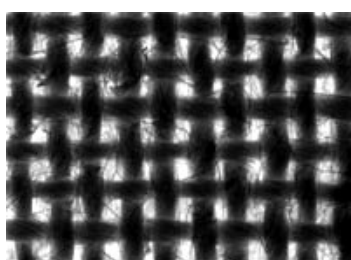
Obrázek 1b: Nasnímaný obraz
tkaniny 6 z místa, kde byla
naměřená prodyšnost
minimální.



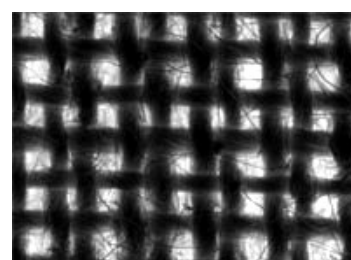
Obrázek 1c: Nasnímaný obraz
tkaniny 6 z místa, kde byla
naměřená prodyšnost
průměrná.



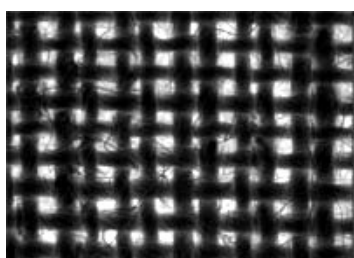
Obrázek 2a: Nasnímaný obraz
tkaniny 7 z místa, kde byla
naměřená prodyšnost
maximální.



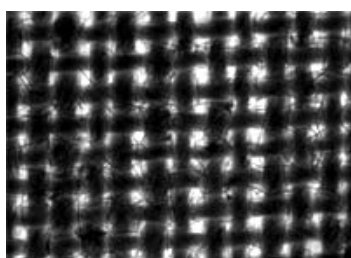
Obrázek 2b: Nasnímaný obraz
tkaniny 7 z místa, kde byla
naměřená prodyšnost
minimální.



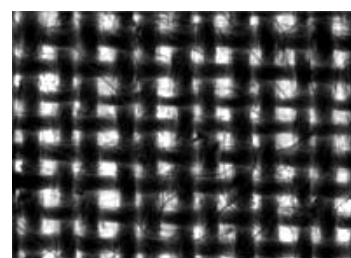
Obrázek 2c: Nasnímaný obraz
tkaniny 7 z místa, kde byla
naměřená prodyšnost
průměrná.



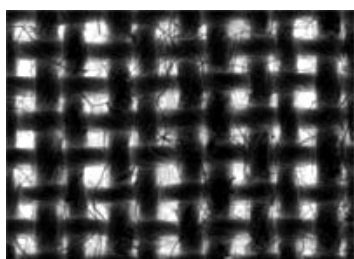
Obrázek 3a: Nasnímaný obraz
tkaniny 8 z místa, kde byla
naměřená prodyšnost
maximální.



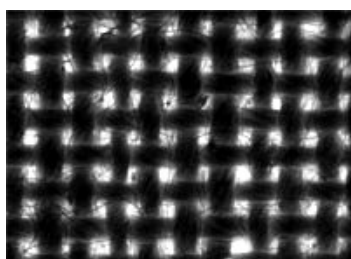
Obrázek 3b: Nasnímaný obraz
tkaniny 8 z místa, kde byla
naměřená prodyšnost
minimální.



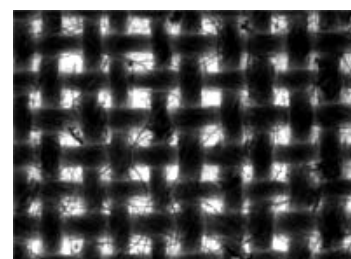
Obrázek 3c: Nasnímaný obraz
tkaniny 8 z místa, kde byla
naměřená prodyšnost
průměrná.



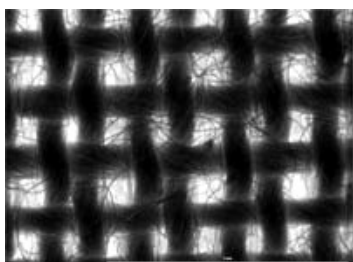
Obrázek 4a: Nasnímaný obraz
tkaniny 9 z místa, kde byla
naměřená prodyšnost
maximální.



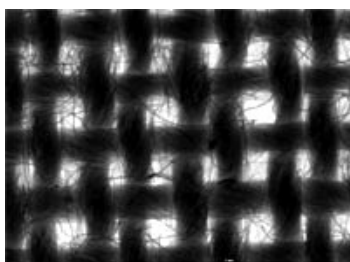
Obrázek 4b: Nasnímaný obraz
tkaniny 9 z místa, kde byla
naměřená prodyšnost
minimální.



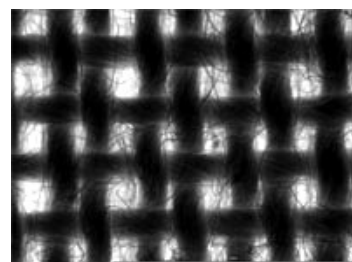
Obrázek 4c: Nasnímaný obraz
tkaniny 9 z místa, kde byla
naměřená prodyšnost
průměrná.



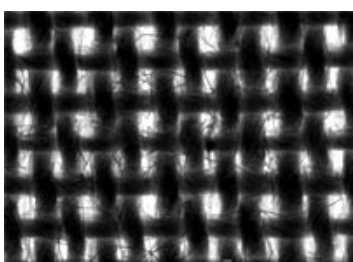
Obrázek 5a: Nasnímaný obraz **tkaniny 10** z místa, kde byla naměřená prodyšnost **maximální**.



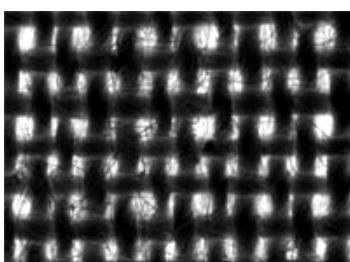
Obrázek 5b: Nasnímaný obraz **tkaniny 10** z místa, kde byla naměřená prodyšnost **minimální**.



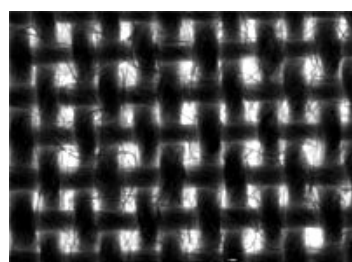
Obrázek 5c: Nasnímaný obraz **tkaniny 10** z místa, kde byla naměřená prodyšnost **průměrná**.



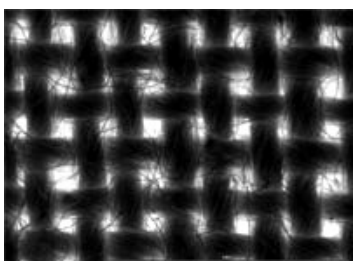
Obrázek 6a: Nasnímaný obraz **tkaniny 11** z místa, kde byla naměřená prodyšnost **maximální**.



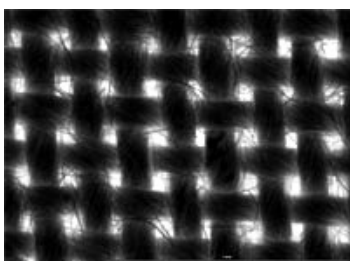
Obrázek 6b: Nasnímaný obraz **tkaniny 11** z místa, kde byla naměřená prodyšnost **minimální**.



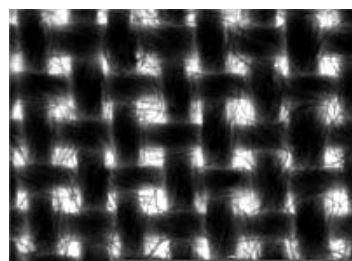
Obrázek 6c: Nasnímaný obraz **tkaniny 11** z místa, kde byla naměřená prodyšnost **průměrná**.



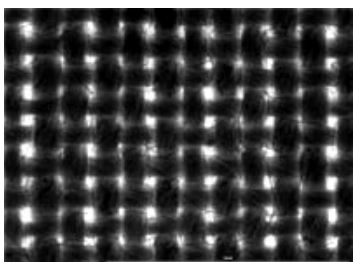
Obrázek 7a: Nasnímaný obraz **tkaniny 12** z místa, kde byla naměřená prodyšnost **maximální**.



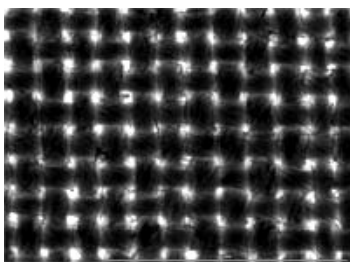
Obrázek 7b: Nasnímaný obraz **tkaniny 12** z místa, kde byla naměřená prodyšnost **minimální**.



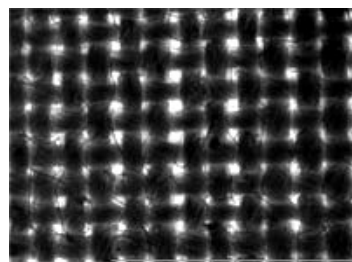
Obrázek 7c: Nasnímaný obraz **tkaniny 12** z místa, kde byla naměřená prodyšnost **průměrná**.



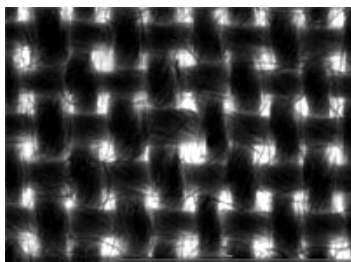
Obrázek 8a: Nasnímaný obraz **tkaniny 15** z místa, kde byla naměřená prodyšnost **maximální**.



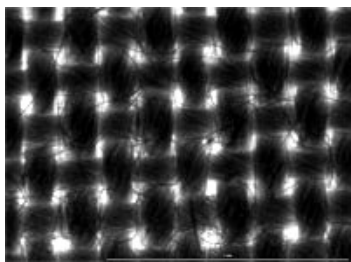
Obrázek 8b: Nasnímaný obraz **tkaniny 15** z místa, kde byla naměřená prodyšnost **minimální**.



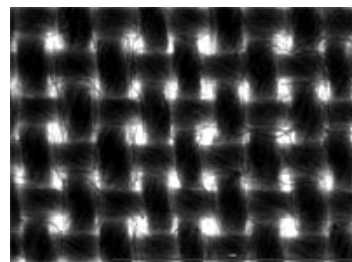
Obrázek 8c: Nasnímaný obraz **tkaniny 15** z místa, kde byla naměřená prodyšnost **průměrná**.



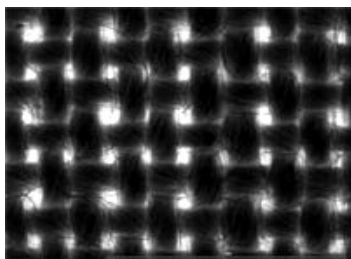
Obrázek 9a: Nasnímaný obraz **tkaniny 16** z místa, kde byla naměřená prodyšnost **maximální**.



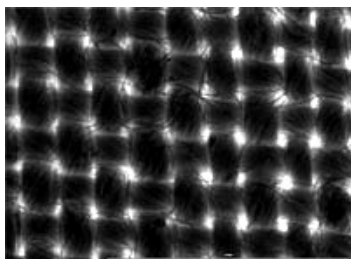
Obrázek 9b: Nasnímaný obraz **tkaniny 16** z místa, kde byla naměřená prodyšnost **minimální**.



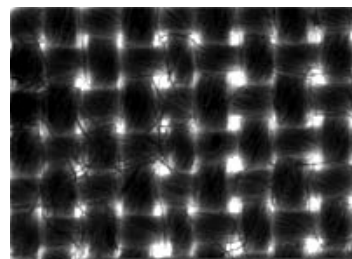
Obrázek 9c: Nasnímaný obraz **tkaniny 16** z místa, kde byla naměřená prodyšnost **průměrná**.



Obrázek 10a: Nasnímaný obraz **tkaniny 18**, z místa, kde byla naměřená prodyšnost **maximální**.



Obrázek 10b: Nasnímaný obraz **tkaniny 18** z místa, kde byla naměřená prodyšnost **minimální**.

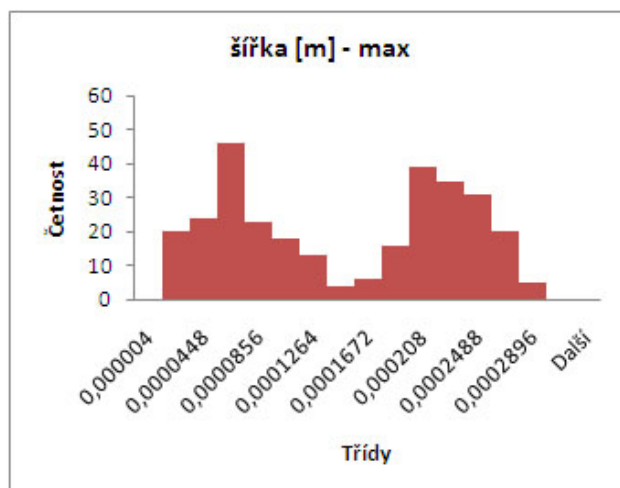


Obrázek 10c: Nasnímaný obraz **tkaniny 18** z místa, kde byla naměřená prodyšnost **průměrná**.

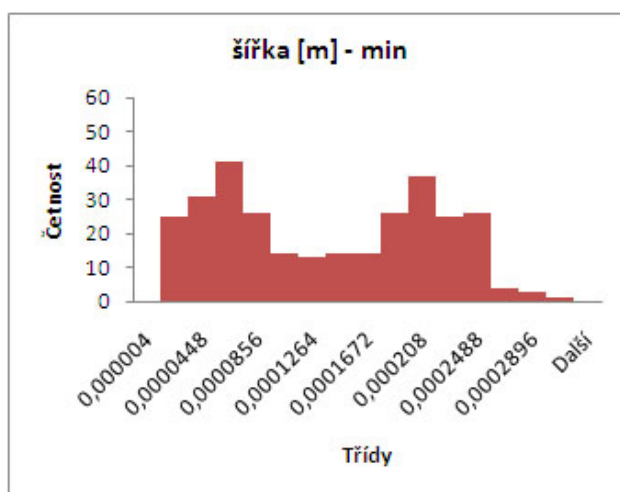
Příloha C

Histogramy experimentálních tkanin.

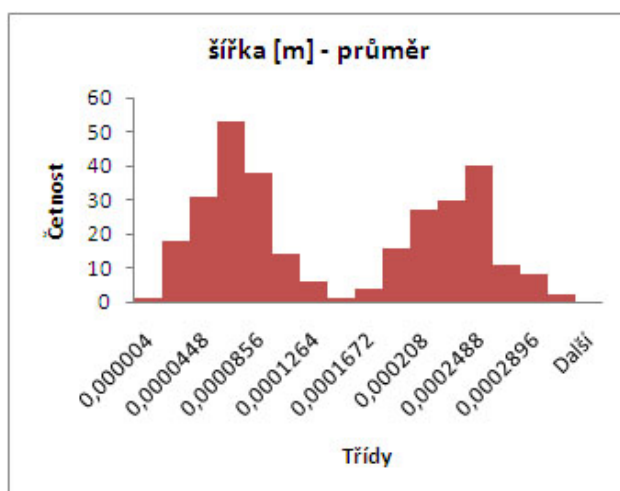
Tkanina 6



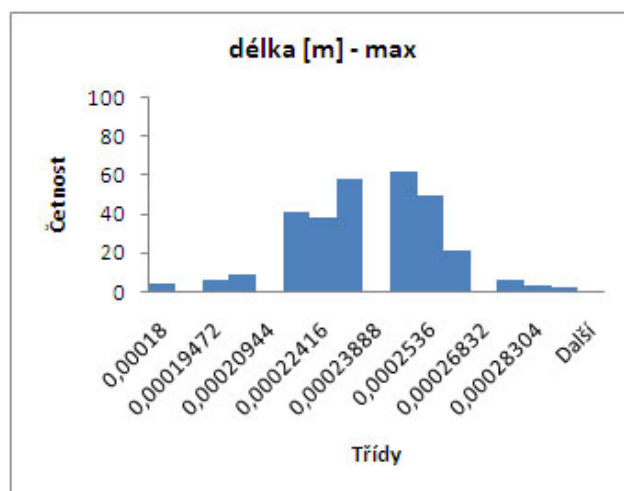
Obrázek 1a: Histogram šířky jednotlivých mezinitných pórů tkaniny 6 z místa, kde byla naměřená prodyšnost maximální.



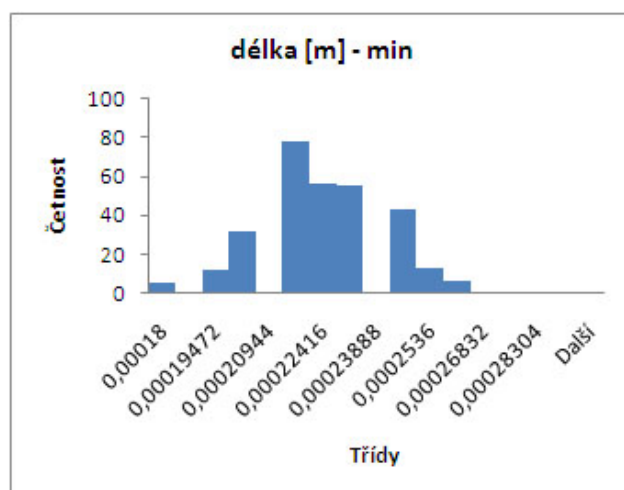
Obrázek 1b: Histogram šířky jednotlivých mezinitných pórů tkaniny 6 z místa, kde byla naměřená prodyšnost minimální.



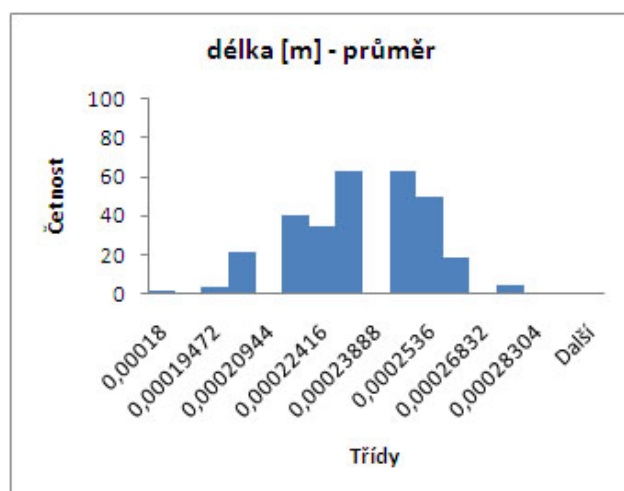
Obrázek 1c: Histogram šířky jednotlivých mezinitných pórů tkaniny 6 z místa, kde byla naměřená prodyšnost průměrná.



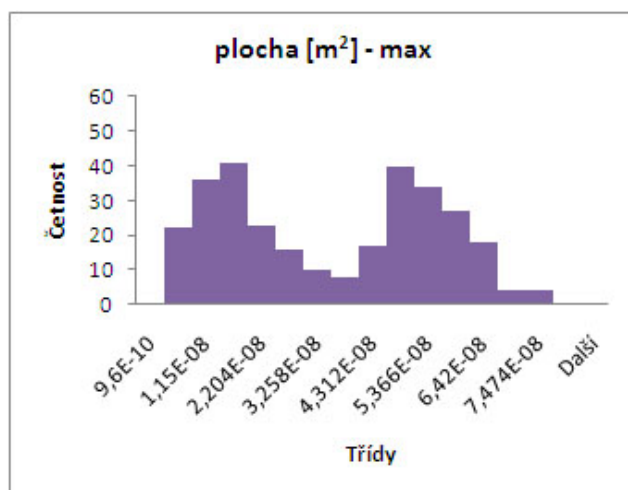
Obrázek 2a: Histogram **délky** jednotlivých mezinitných pórů tkaniny 6 z místa, kde byla naměřená prodyšnost maximální.



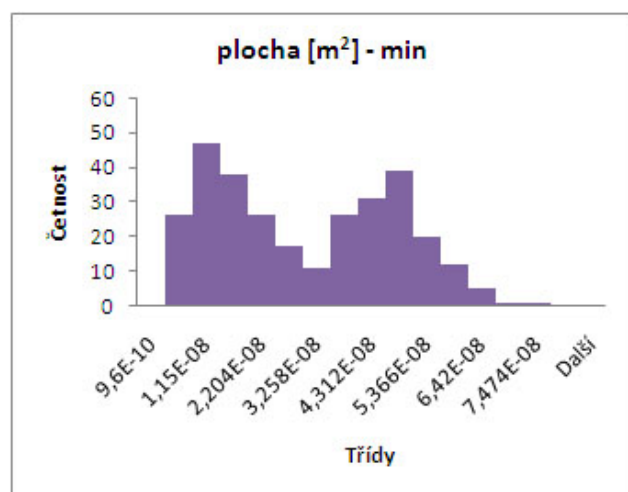
Obrázek 2b: Histogram **délky** jednotlivých mezinitných pórů tkaniny 6 z místa, kde byla naměřená prodyšnost minimální.



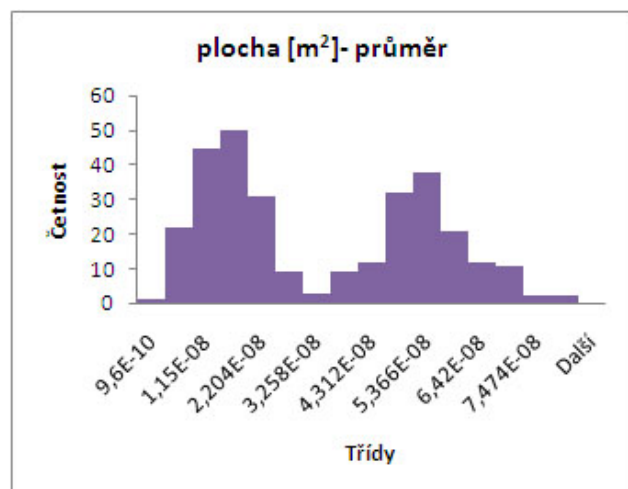
Obrázek 2c: Histogram **délky** jednotlivých mezinitných pórů tkaniny 6 z místa, kde byla naměřená prodyšnost průměrná.



Obrázek 3a: Histogram **plochy** jednotlivých mezinitných pórů tkaniny 6 z místa, kde byla naměřená prodyšnost maximální.

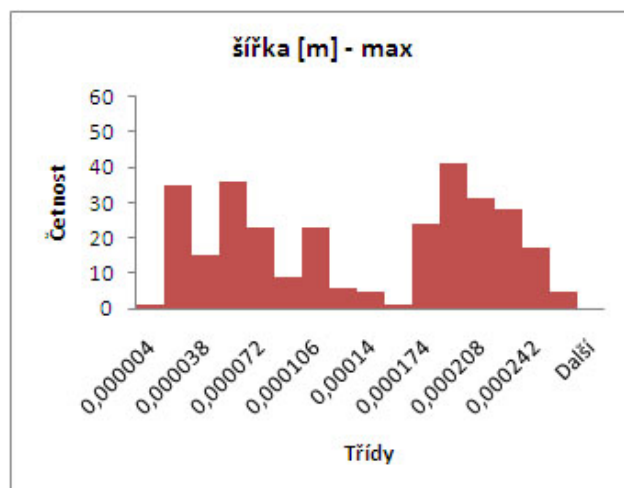


Obrázek 3b: Histogram **plochy** jednotlivých mezinitných pórů tkaniny 6, z místa, kde byla naměřená prodyšnost minimální.

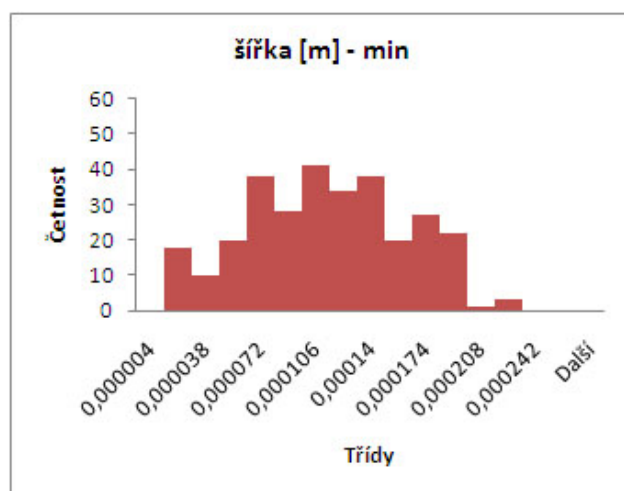


Obrázek 3c: Histogram **plochy** jednotlivých mezinitných pórů tkaniny 6 z místa, kde byla naměřená prodyšnost průměrná.

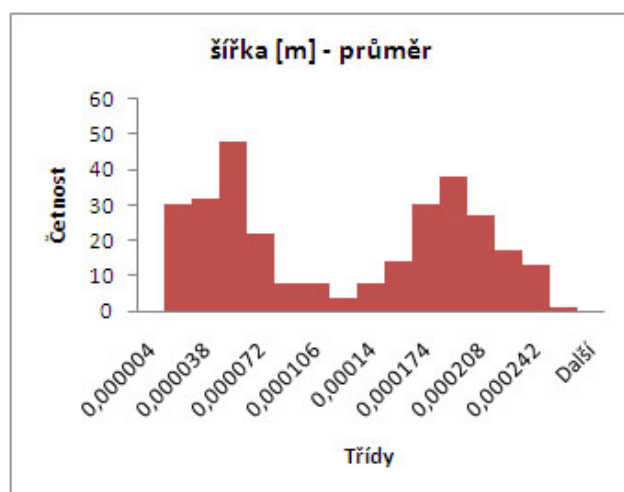
Tkanina 8



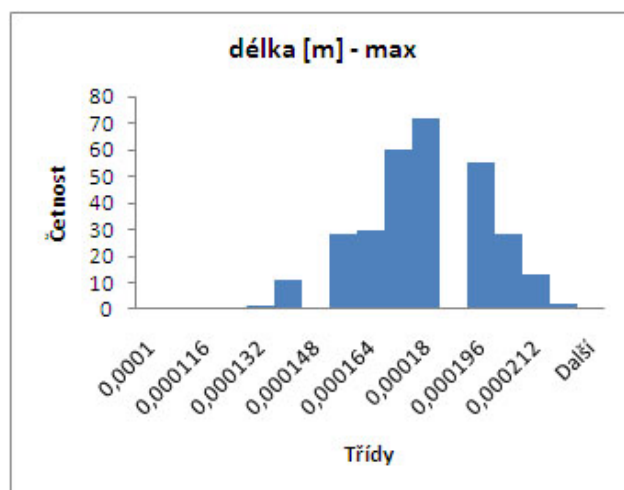
Obrázek 4a: Histogram **šířky** jednotlivých mezinitných pórů tkaniny 8 z místa, kde byla naměřená prodyšnost maximální.



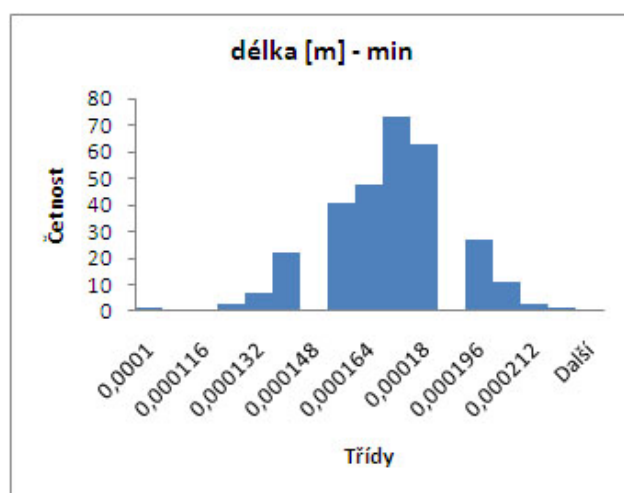
Obrázek 4b: Histogram **šířky** jednotlivých mezinitných pórů tkaniny 8 z místa, kde byla naměřená prodyšnost minimální.



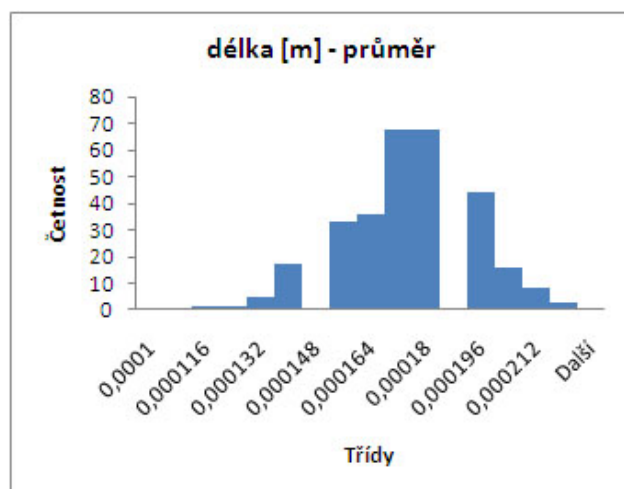
Obrázek 4c: Histogram **šířky** jednotlivých mezinitných pórů tkaniny 8 z místa, kde byla naměřená prodyšnost průměrná.



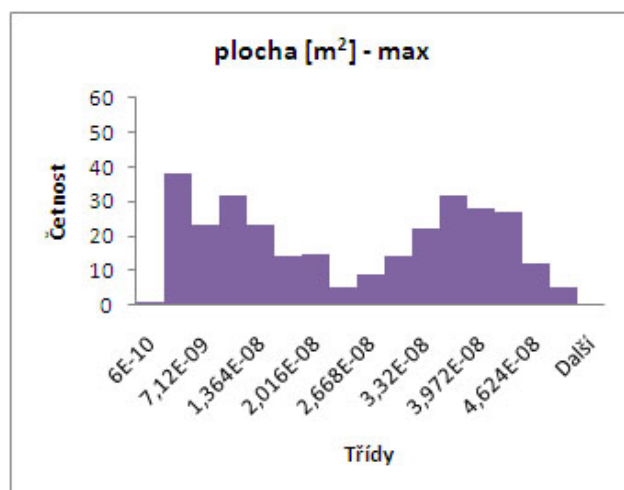
Obrázek 5a: Histogram **délky** jednotlivých mezinitných pórů tkaniny 8 z místa, kde byla naměřená prodyšnost maximální.



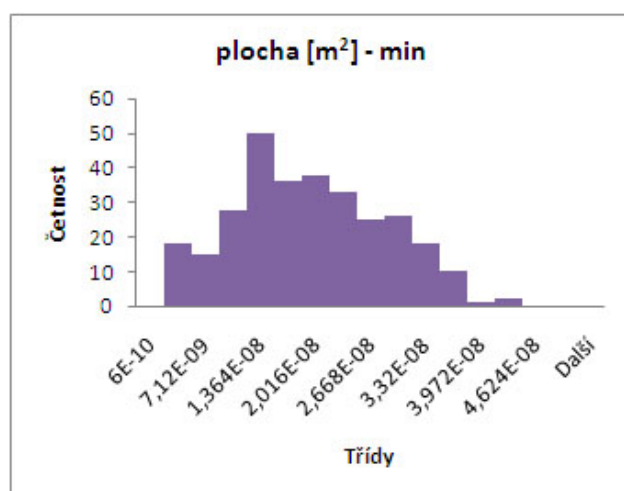
Obrázek 5b: Histogram **délky** jednotlivých mezinitných pórů tkaniny 8 z místa, kde byla naměřená prodyšnost minimální.



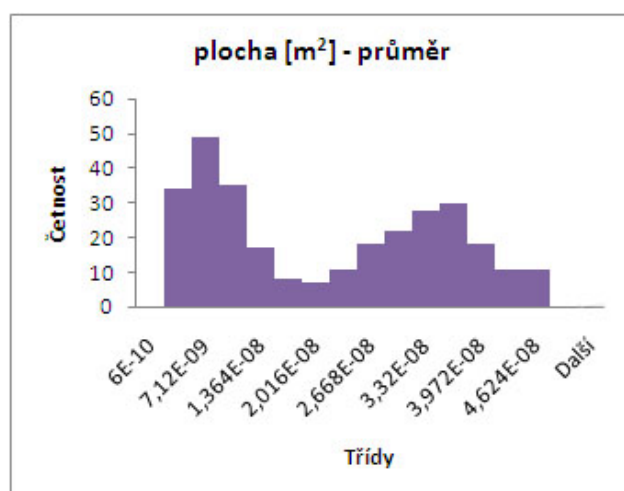
Obrázek 5c: Histogram **délky** jednotlivých mezinitných pórů tkaniny 8 z místa, kde byla naměřená prodyšnost průměrná.



Obrázek 6a: Histogram **plochy** jednotlivých mezinitných pórů tkaniny 8 z místa, kde byla naměřená prodyšnost maximální.

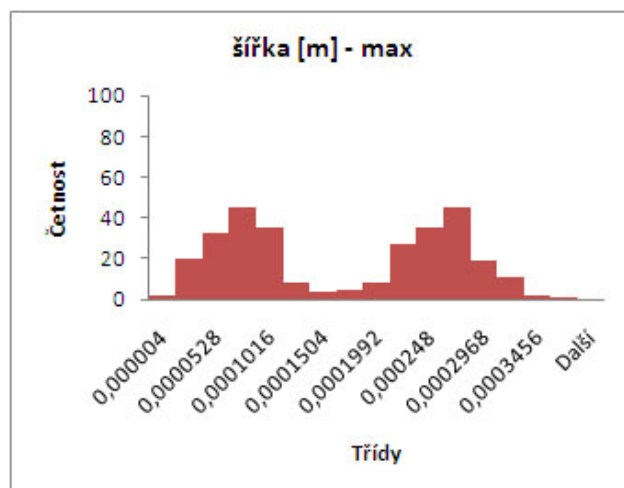


Obrázek 6b: Histogram **plochy** jednotlivých mezinitných pórů tkaniny 8 z místa, kde byla naměřená prodyšnost minimální.

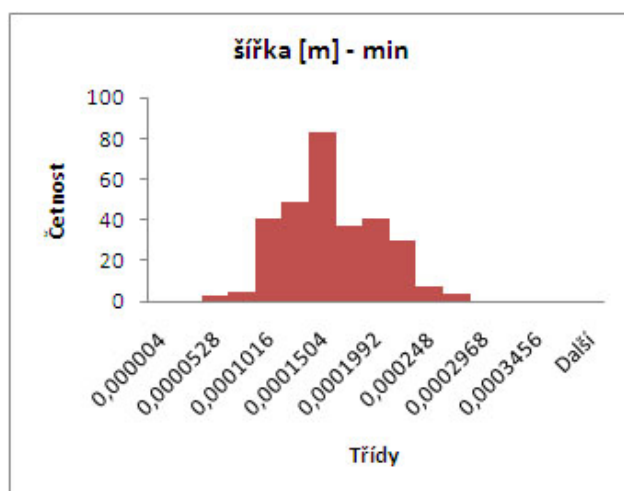


Obrázek 6c: Histogram **plochy** jednotlivých mezinitných pórů tkaniny 8 z místa, kde byla naměřená prodyšnost průměrná.

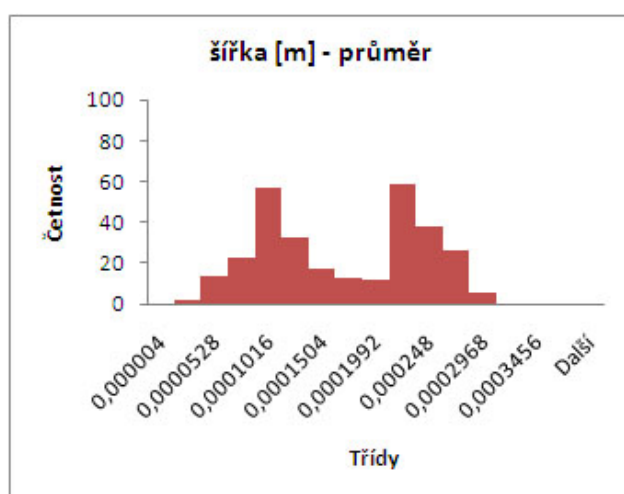
Tkanina 9



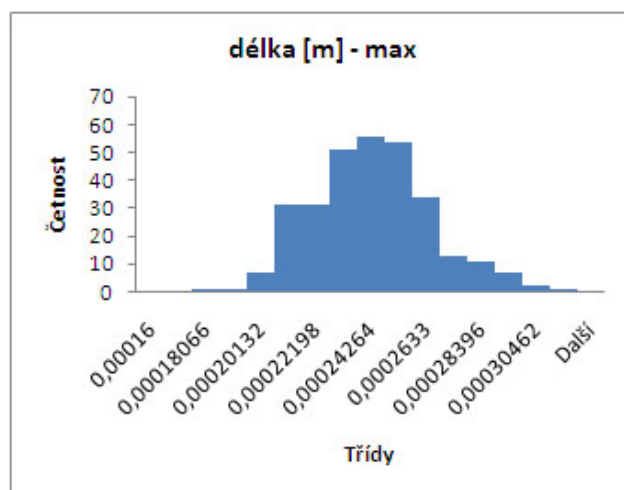
Obrázek 7a: Histogram šířky jednotlivých mezinitných pórů tkaniny 9 z místa, kde byla naměřená prodyšnost maximální.



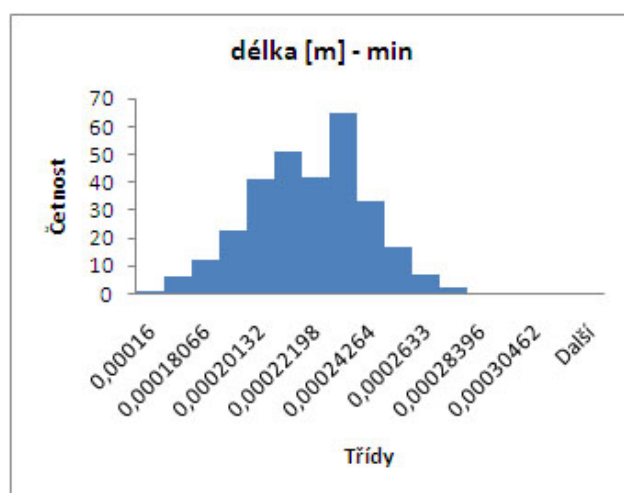
Obrázek 7b: Histogram šířky jednotlivých mezinitných pórů tkaniny 9 z místa, kde byla naměřená prodyšnost minimální.



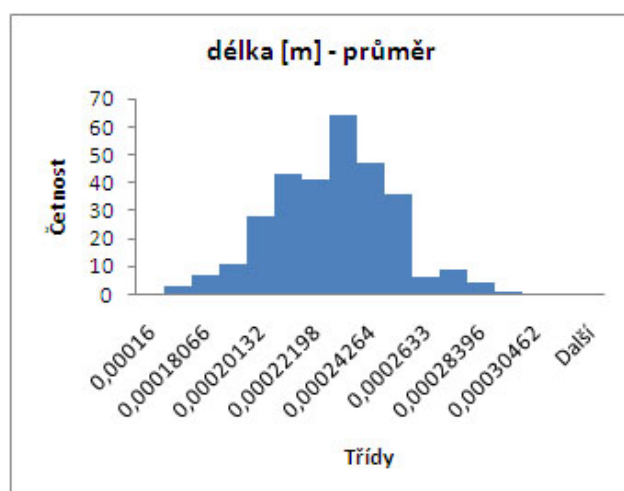
Obrázek 7c: Histogram šířky jednotlivých mezinitných pórů tkaniny 9 z místa, kde byla naměřená prodyšnost průměrná.



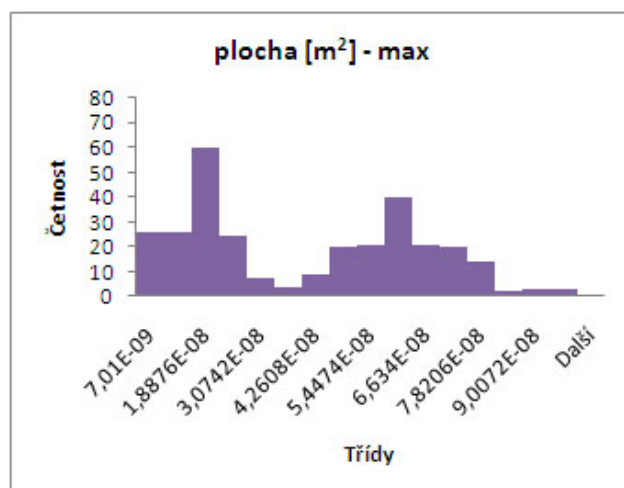
Obrázek 8a: Histogram **délky** jednotlivých mezinitných porů tkaniny 9 z místa, kde byla naměřená prodyšnost maximální.



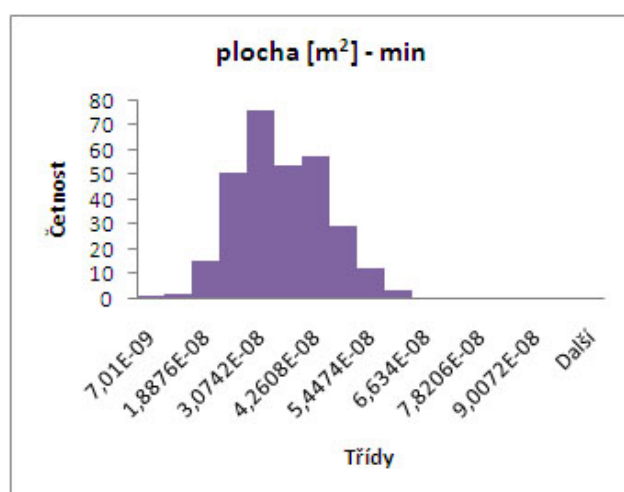
Obrázek 8b: Histogram **délky** jednotlivých mezinitných porů tkaniny 9 z místa, kde byla naměřená prodyšnost minimální.



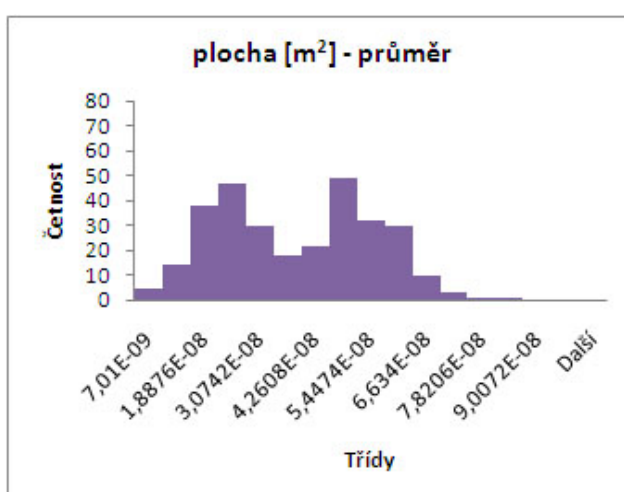
Obrázek 8c: Histogram **délky** jednotlivých mezinitných porů tkaniny 9 z místa, kde byla naměřená prodyšnost průměrná.



Obrázek 9a: Histogram **plochy** jednotlivých mezinitných pórů tkaniny 9 z místa, kde byla naměřená prodyšnost maximální.

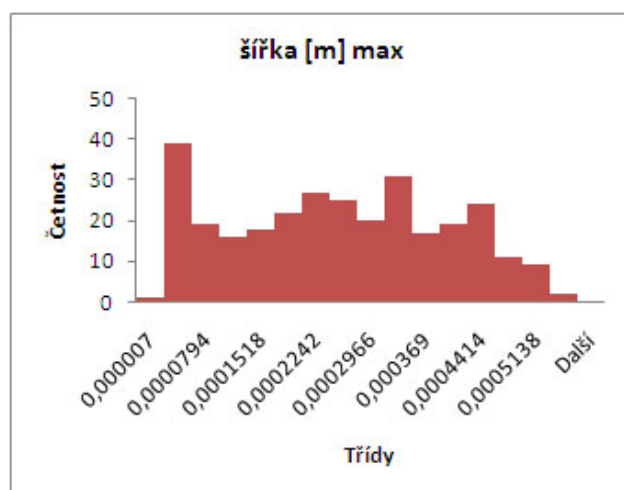


Obrázek 9b: Histogram **plochy** jednotlivých mezinitných pórů tkaniny 9 z místa, kde byla naměřená prodyšnost minimální.

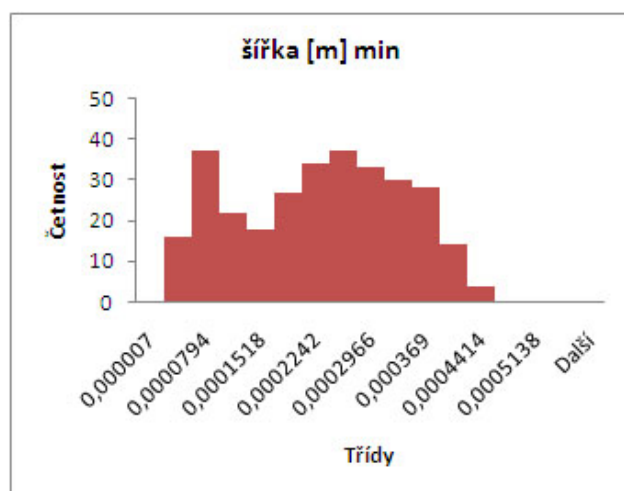


Obrázek 9c: Histogram **plochy** jednotlivých mezinitných pórů tkaniny 9 z místa, kde byla naměřená prodyšnost průměrná.

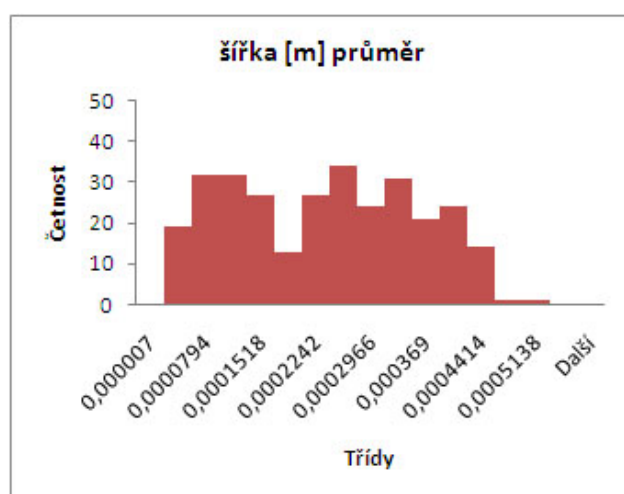
Tkanina 10



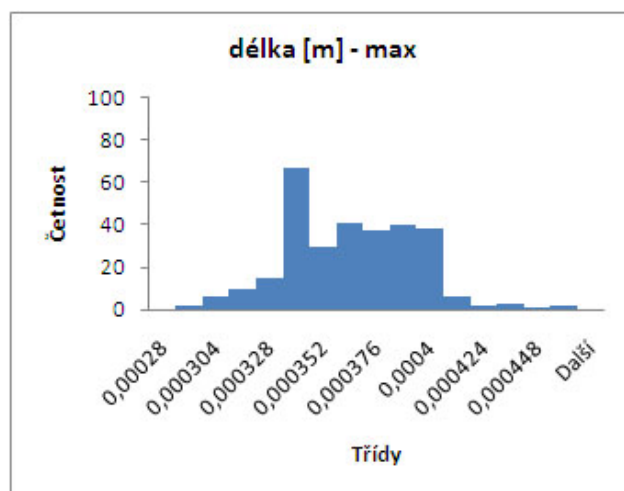
Obrázek 10a: Histogram **šířky** jednotlivých mezinitných pórů tkaniny 10 z místa, kde byla naměřená prodyšnost maximální.



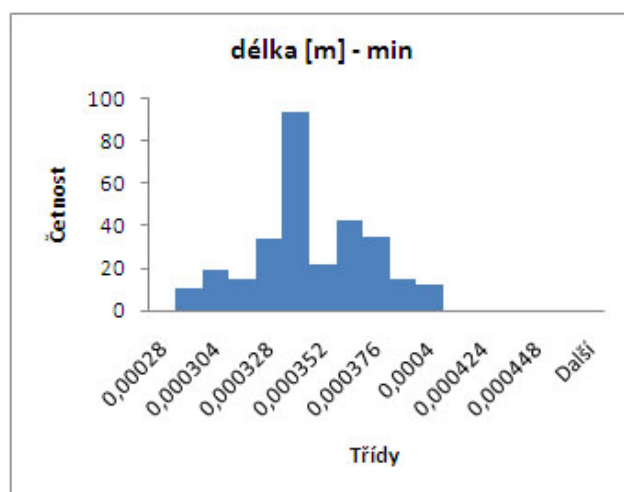
Obrázek 10b: Histogram **šířky** jednotlivých mezinitných pórů tkaniny 10 z místa, kde byla naměřená prodyšnost minimální.



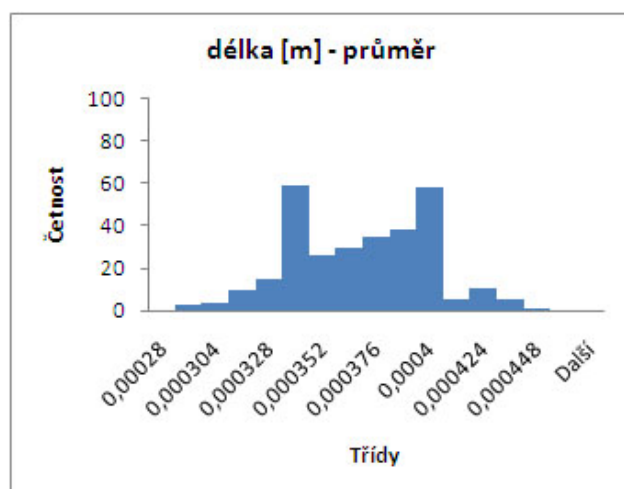
Obrázek 10c: Histogram **šířky** jednotlivých mezinitných pórů tkaniny 10 z místa, kde byla naměřená prodyšnost průměrná.



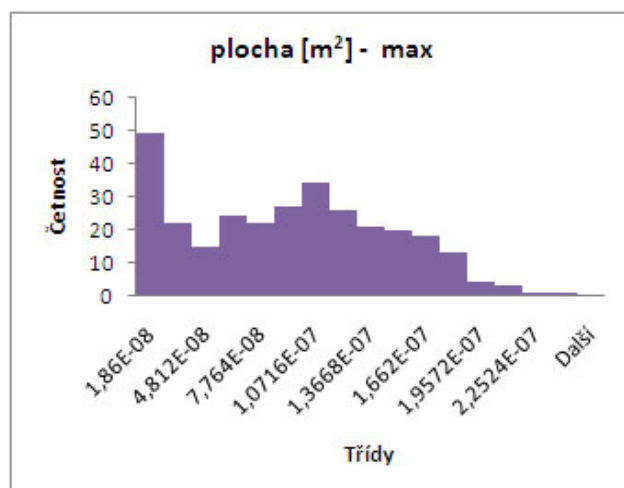
Obrázek 11a: Histogram **délky** jednotlivých mezinitných pórů tkaniny 10 z místa, kde byla naměřená prodyšnost maximální.



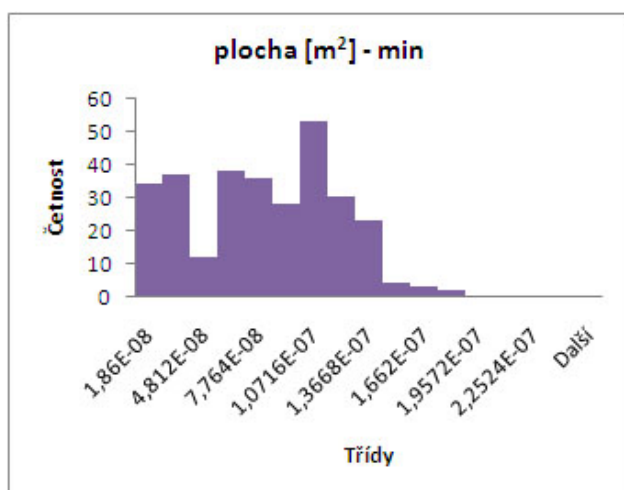
Obrázek 11b: Histogram **délky** jednotlivých mezinitných pórů tkaniny 10 z místa, kde byla naměřená prodyšnost minimální.



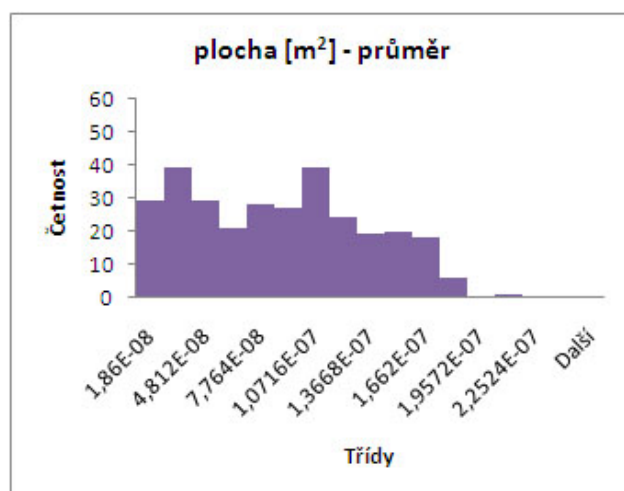
Obrázek 11c: Histogram **délky** jednotlivých mezinitných pórů tkaniny 10 z místa, kde byla naměřená prodyšnost průměrná.



Obrázek 12a: Histogram **plochy** jednotlivých mezinitných pórů tkaniny 10 z místa, kde byla naměřená prodyšnost maximální.

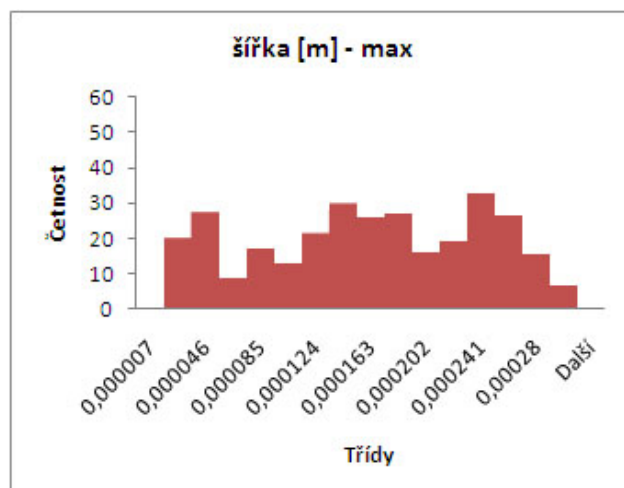


Obrázek 12b: Histogram **plochy** jednotlivých mezinitných pórů tkaniny 10 z místa, kde byla naměřená prodyšnost minimální.

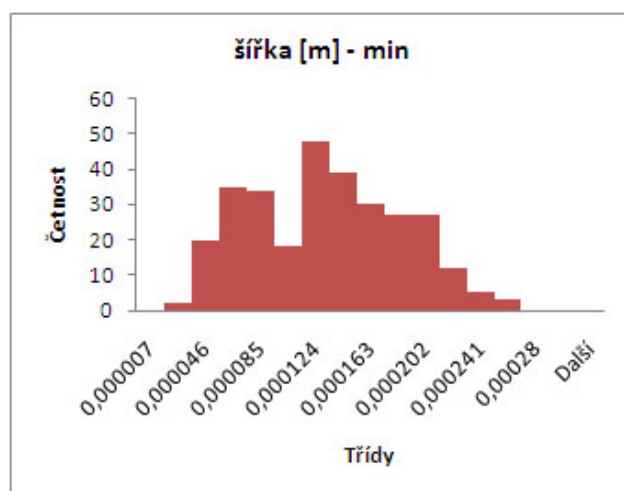


Obrázek 12c: Histogram **plochy** jednotlivých mezinitných pórů tkaniny 10 z místa, kde byla naměřená prodyšnost průměrná.

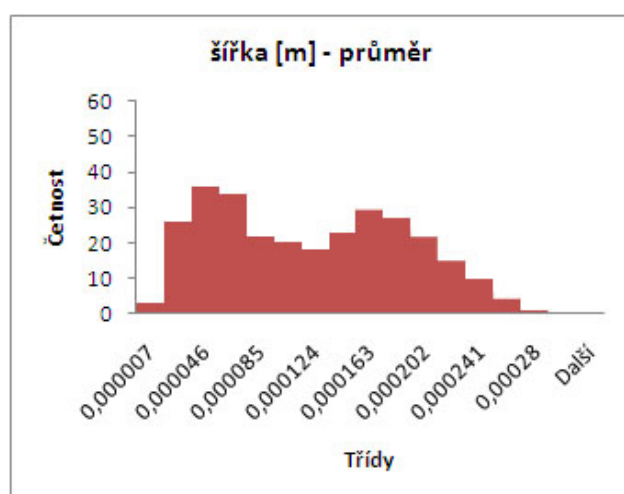
Tkanina 11



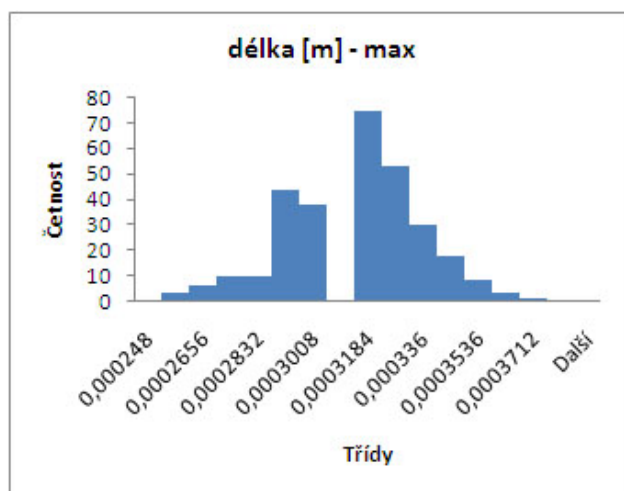
Obrázek 13a: Histogram **šířky** jednotlivých mezinitných pórů tkaniny 11 z místa, kde byla naměřená prodyšnost maximální.



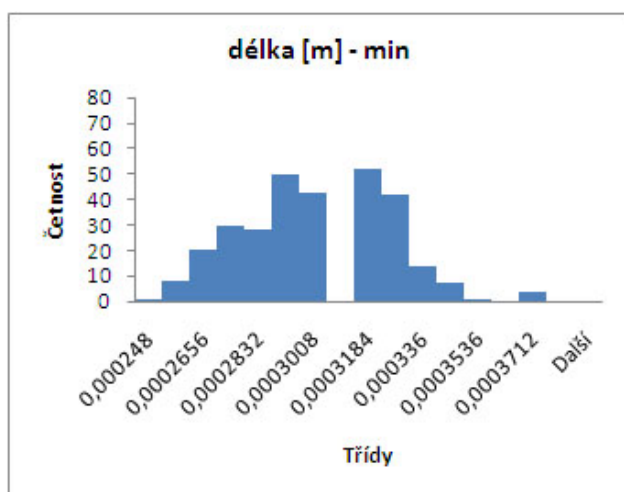
Obrázek 13b: Histogram **šířky** jednotlivých mezinitných pórů tkaniny 11 z místa, kde byla naměřená prodyšnost minimální.



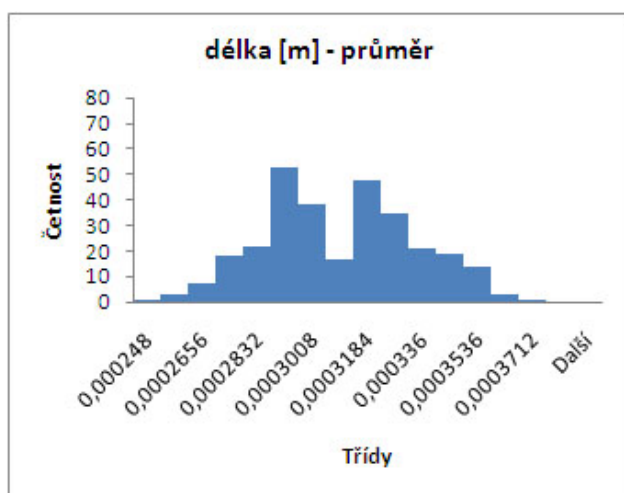
Obrázek 13c: Histogram **šířky** jednotlivých mezinitných pórů tkaniny 11 z místa, kde byla naměřená prodyšnost průměrná.



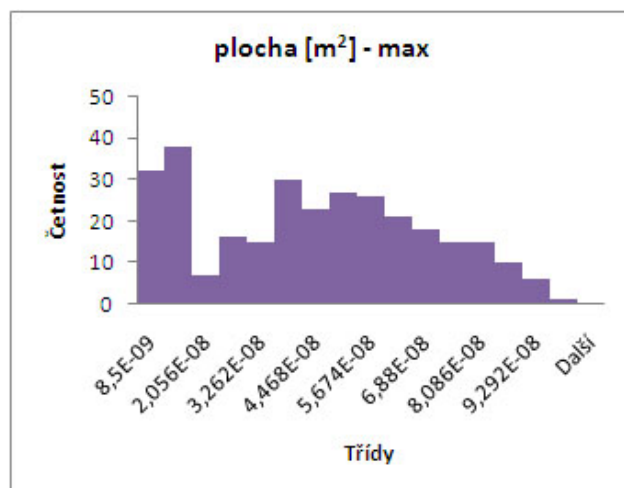
Obrázek 14a: Histogram **délky** jednotlivých mezinitných pórů tkaniny 11 z místa, kde byla naměřená prodyšnost maximální.



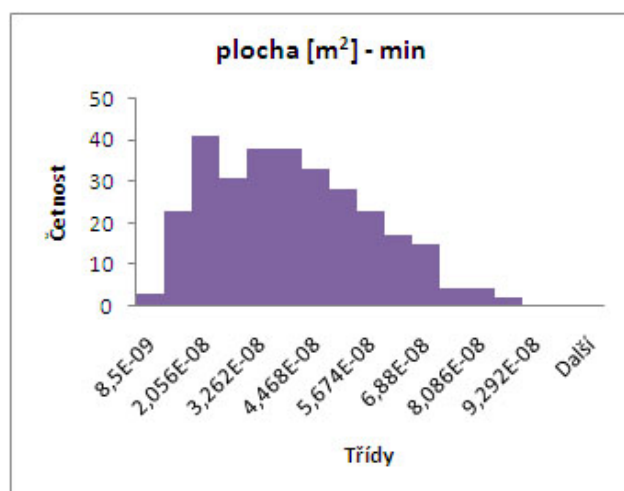
Obrázek 14b: Histogram **délky** jednotlivých mezinitných pórů tkaniny 11 z místa, kde byla naměřená prodyšnost minimální.



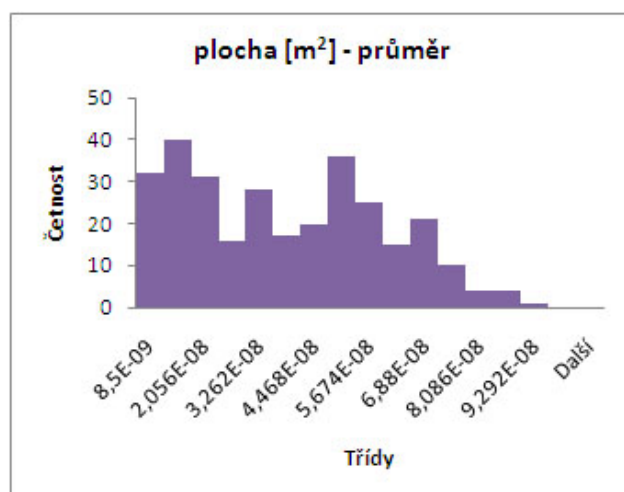
Obrázek 14c: Histogram **délky** jednotlivých mezinitných pórů tkaniny 11 z místa, kde byla naměřená prodyšnost průměrná.



Obrázek 15a: Histogram **plochy** jednotlivých mezinitných pórů tkaniny 11 z místa, kde byla naměřená prodyšnost maximální.

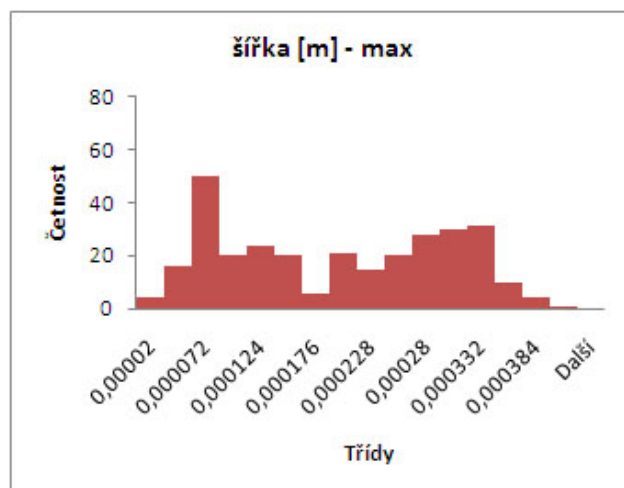


Obrázek 15b: Histogram **plochy** jednotlivých mezinitných pórů tkaniny 11 z místa, kde byla naměřená prodyšnost minimální.

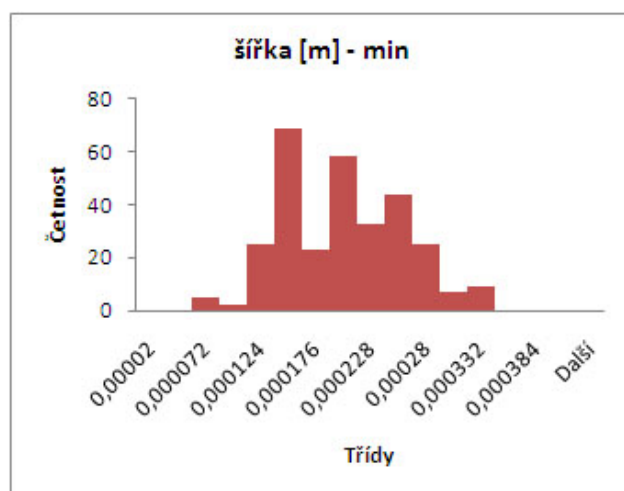


Obrázek 15c: Histogram **plochy** jednotlivých mezinitných pórů tkaniny 11 z místa, kde byla naměřená prodyšnost průměrná.

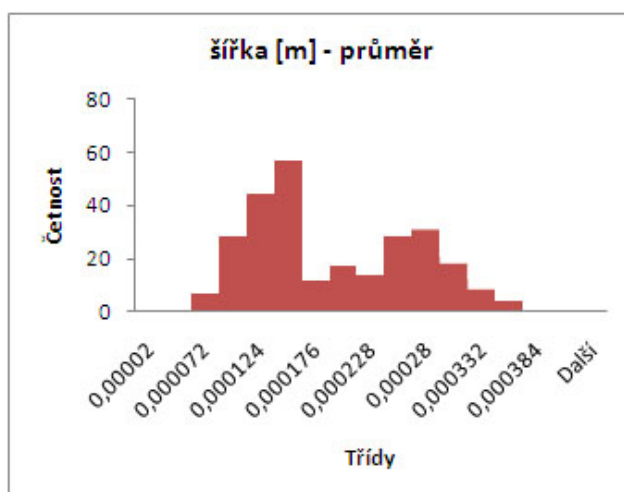
Tkanina 12



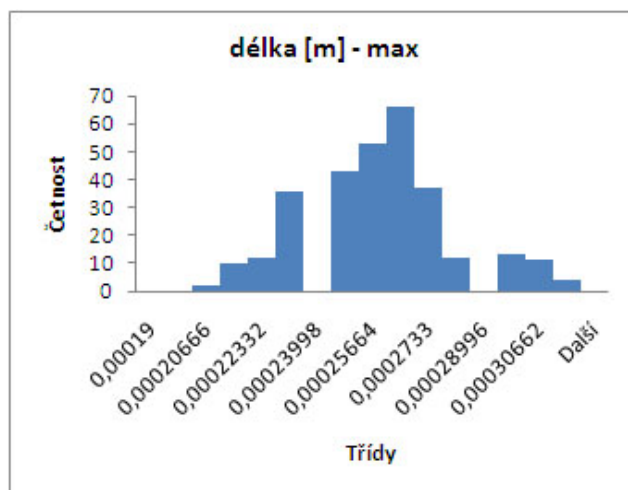
Obrázek 16a: Histogram **šířky** jednotlivých mezinitných pórů tkaniny 12 z místa, kde byla naměřená prodyšnost maximální.



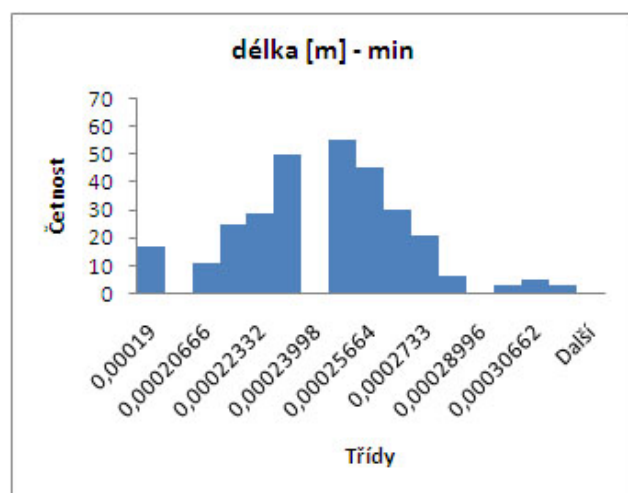
Obrázek 16b: Histogram **šířky** jednotlivých mezinitných pórů tkaniny 12 z místa, kde byla naměřená prodyšnost minimální.



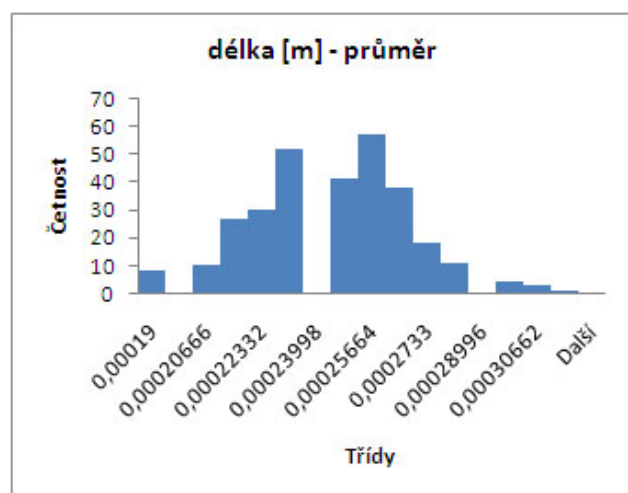
Obrázek 16c: Histogram **šířky** jednotlivých mezinitných pórů tkaniny 12 z místa, kde byla naměřená prodyšnost průměrná.



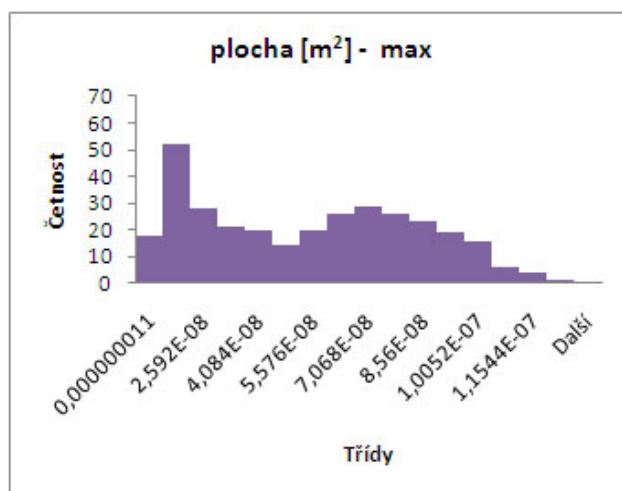
Obrázek 17a: Histogram **délky** jednotlivých mezinitných pórů tkaniny 12 z místa, kde byla naměřená prodyšnost maximální.



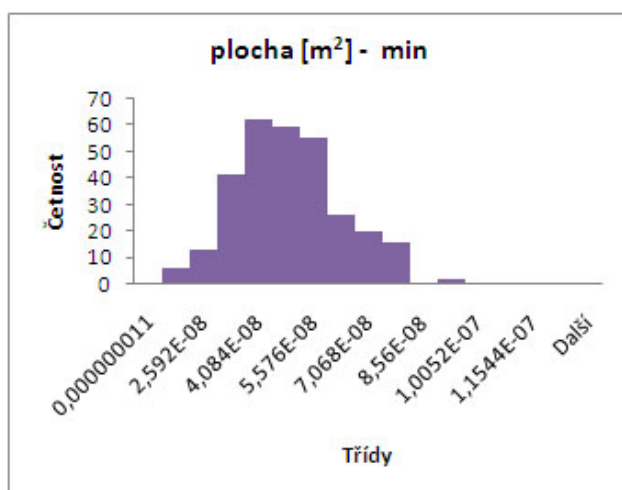
Obrázek 17b: Histogram **délky** jednotlivých mezinitných pórů tkaniny 12 z místa, kde byla naměřená prodyšnost minimální.



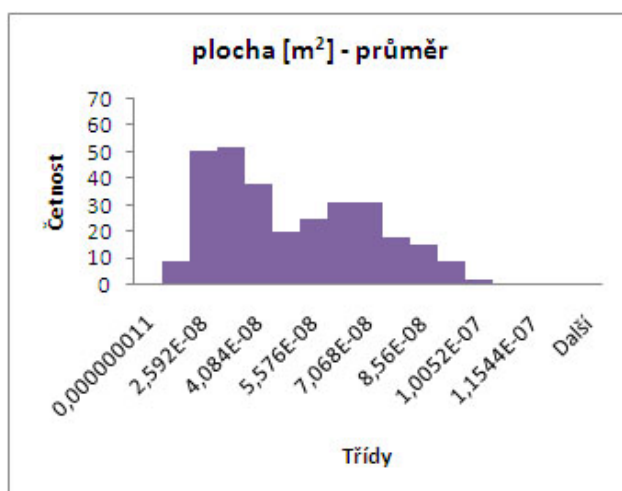
Obrázek 17c: Histogram **délky** jednotlivých mezinitných pórů tkaniny 12 z místa, kde byla naměřená prodyšnost průměrná.



Obrázek 18a: Histogram **plochy** jednotlivých mezinitných pórů tkaniny 12 z místa, kde byla naměřená prodyšnost maximální.

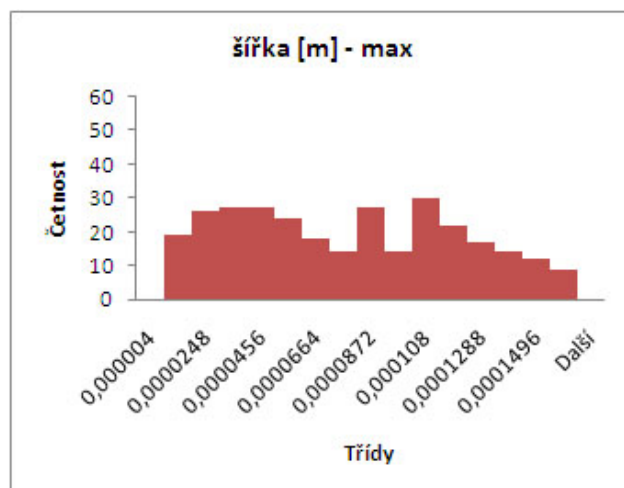


Obrázek 18b: Histogram **plochy** jednotlivých mezinitných pórů tkaniny 12 z místa, kde byla naměřená prodyšnost minimální.

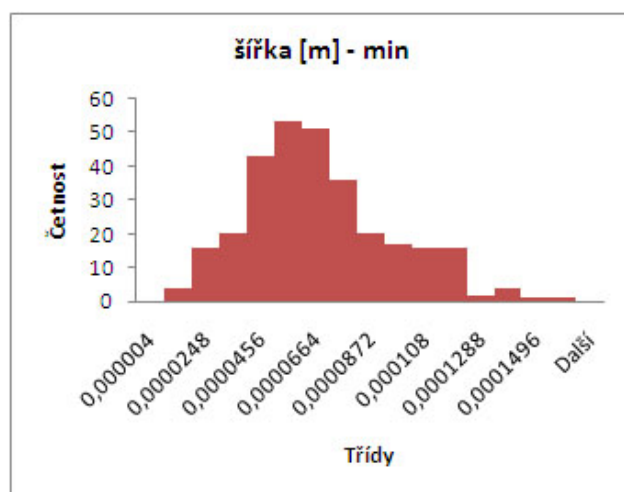


Obrázek 18c: Histogram **plochy** jednotlivých mezinitných pórů tkaniny 12 z místa, kde byla naměřená prodyšnost průměrná.

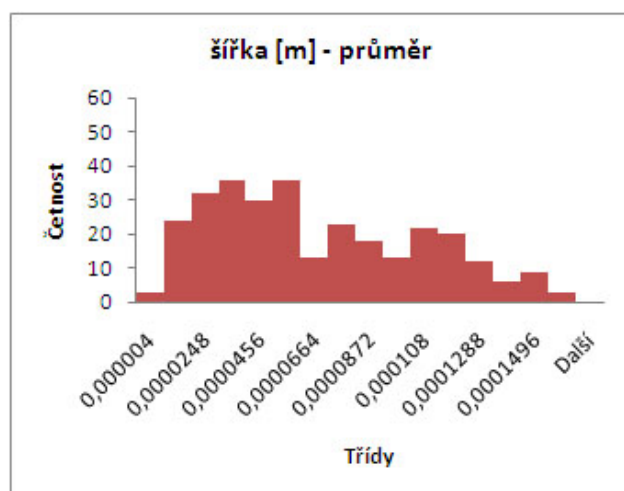
Tkanina 15



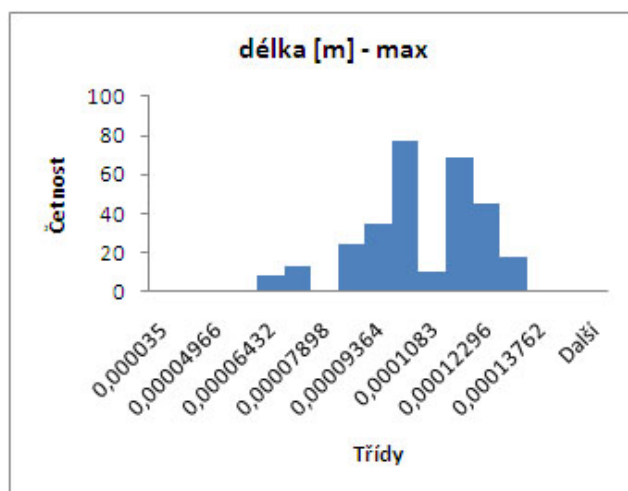
Obrázek 19a: Histogram šířky jednotlivých mezinitných pórů tkaniny 15 z místa, kde byla naměřená prodyšnost maximální.



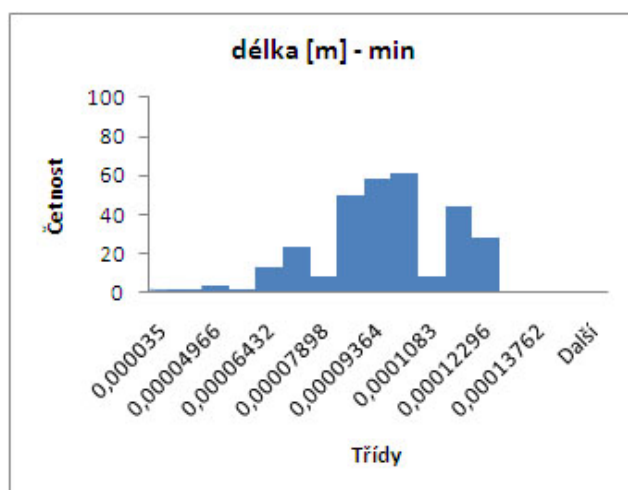
Obrázek 19b: Histogram šířky jednotlivých mezinitných pórů tkaniny 15 z místa, kde byla naměřená prodyšnost minimální.



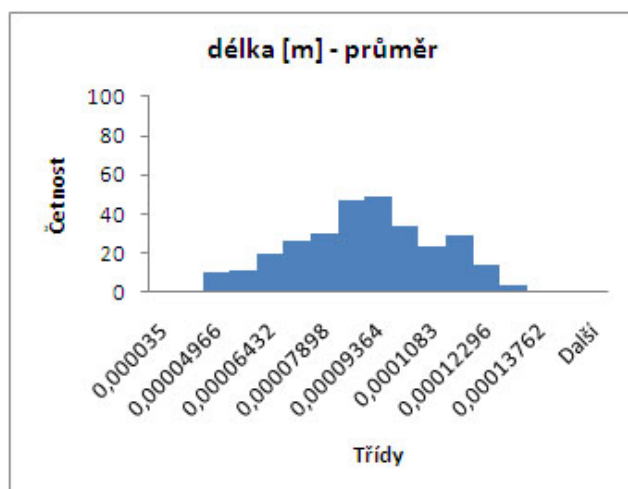
Obrázek 19c: Histogram šířky jednotlivých mezinitných pórů tkaniny 15 z místa, kde byla naměřená prodyšnost průměrná.



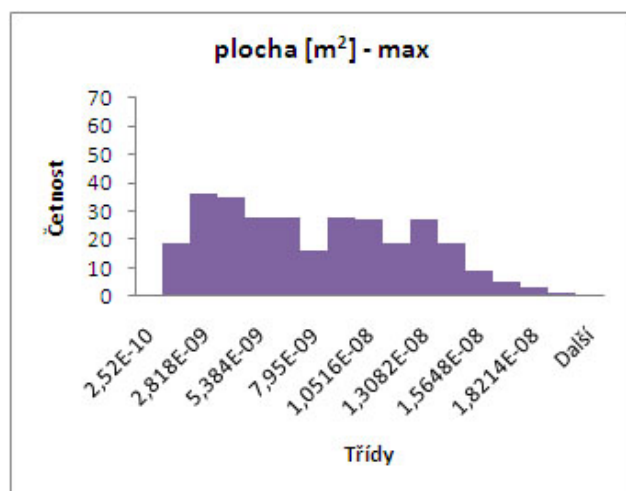
Obrázek 20a: Histogram **délky** jednotlivých mezinitných pórů tkaniny 15 z místa, kde byla naměřená prodyšnost maximální.



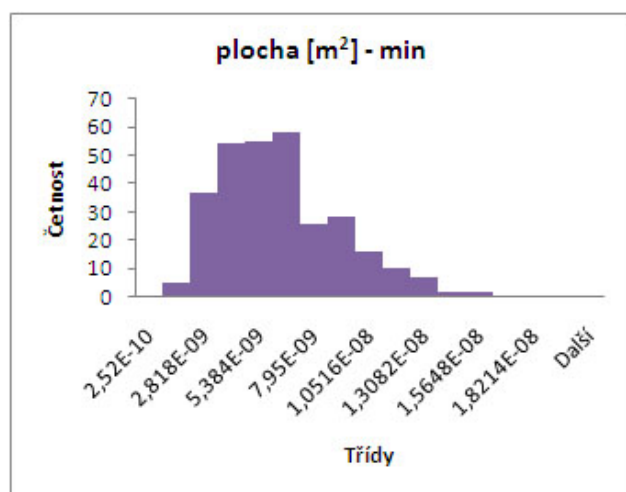
Obrázek 20b: Histogram **délky** jednotlivých mezinitných pórů tkaniny 15 z místa, kde byla naměřená prodyšnost minimální.



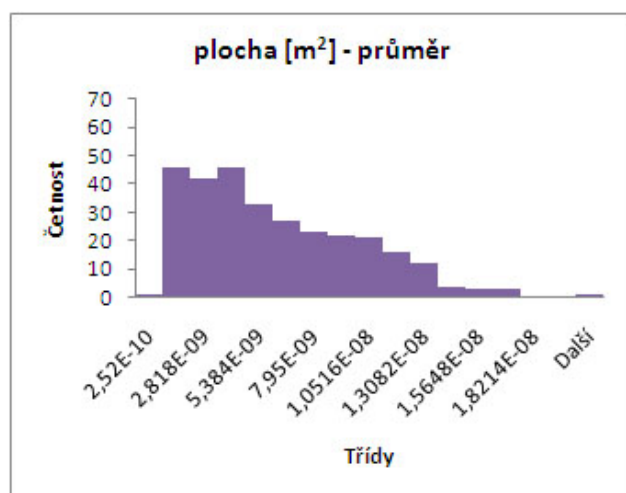
Obrázek 20c: Histogram **délky** jednotlivých mezinitných pórů tkaniny 15 z místa, kde byla naměřená prodyšnost průměrná.



Obrázek 21a: Histogram **plochy** jednotlivých mezinitných pórů tkaniny 15 z místa, kde byla naměřená prodyšnost maximální.

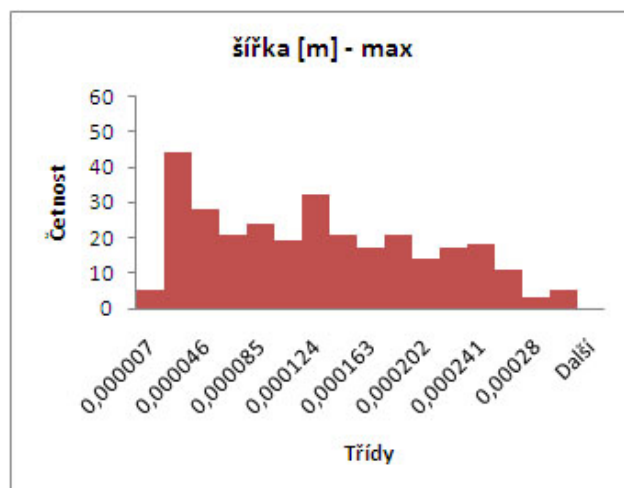


Obrázek 21b: Histogram **plochy** jednotlivých mezinitných pórů tkaniny 15 z místa, kde byla naměřená prodyšnost minimální.

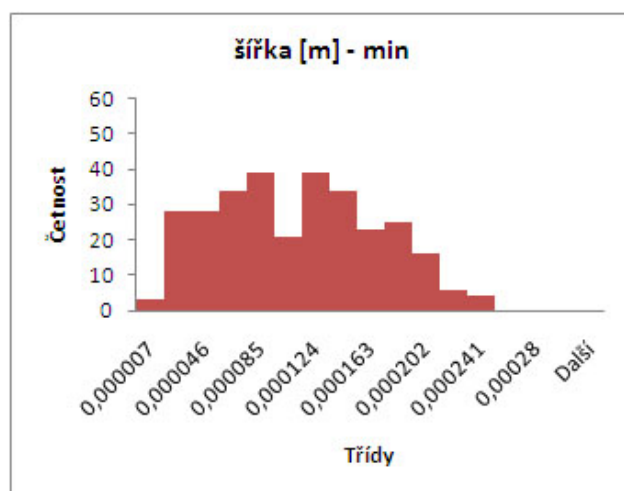


Obrázek 21c: Histogram **plochy** jednotlivých mezinitných pórů tkaniny 15 z místa, kde byla naměřená prodyšnost průměrná.

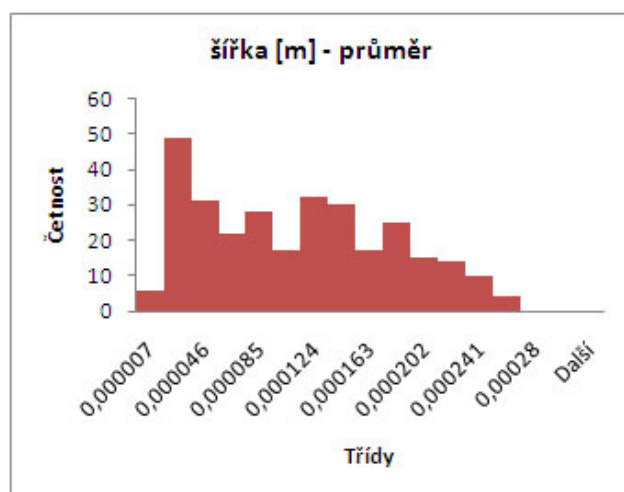
Tkanina 16



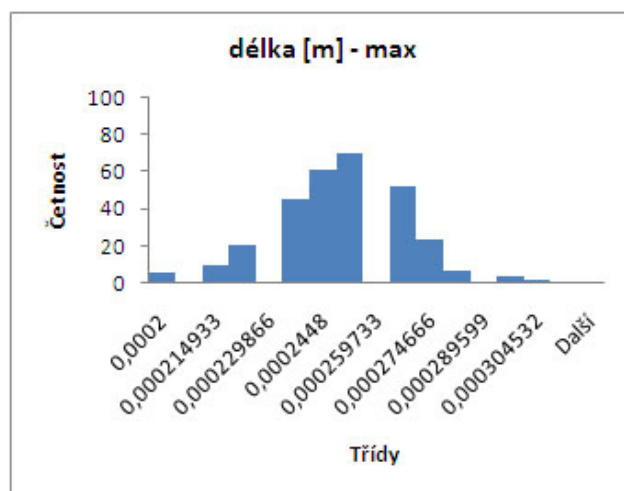
Obrázek 22a: Histogram **šířky** jednotlivých mezinitných pórů tkaniny 16 z místa, kde byla naměřená prodyšnost maximální.



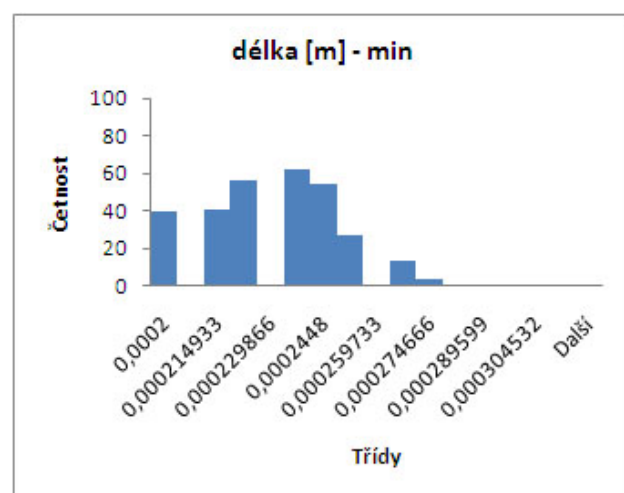
Obrázek 22b: Histogram **šířky** jednotlivých mezinitných pórů tkaniny 16 z místa, kde byla naměřená prodyšnost minimální.



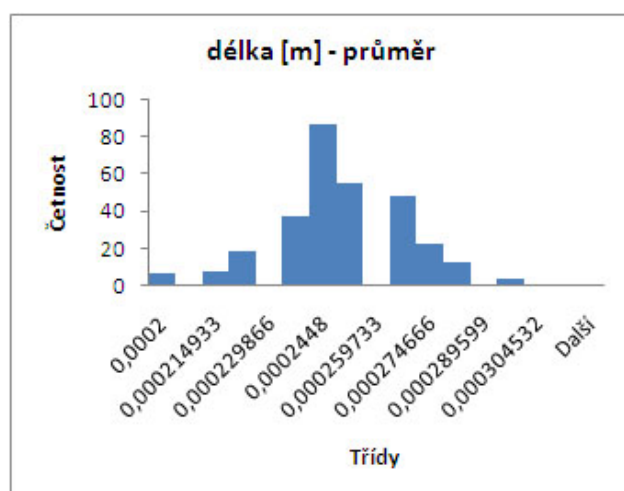
Obrázek 22c: Histogram **šířky** jednotlivých mezinitných pórů tkaniny 16 z místa, kde byla naměřená prodyšnost průměrná.



Obrázek 23a: Histogram **délky** jednotlivých mezinitných pórů tkaniny 16 z místa, kde byla naměřená prodyšnost maximální.



Obrázek 23b: Histogram **délky** jednotlivých mezinitných pórů tkaniny 16 z místa, kde byla naměřená prodyšnost minimální.



Obrázek 23c: Histogram **délky** jednotlivých mezinitných pórů tkaniny 16 z místa, kde byla naměřená prodyšnost průměrná.

